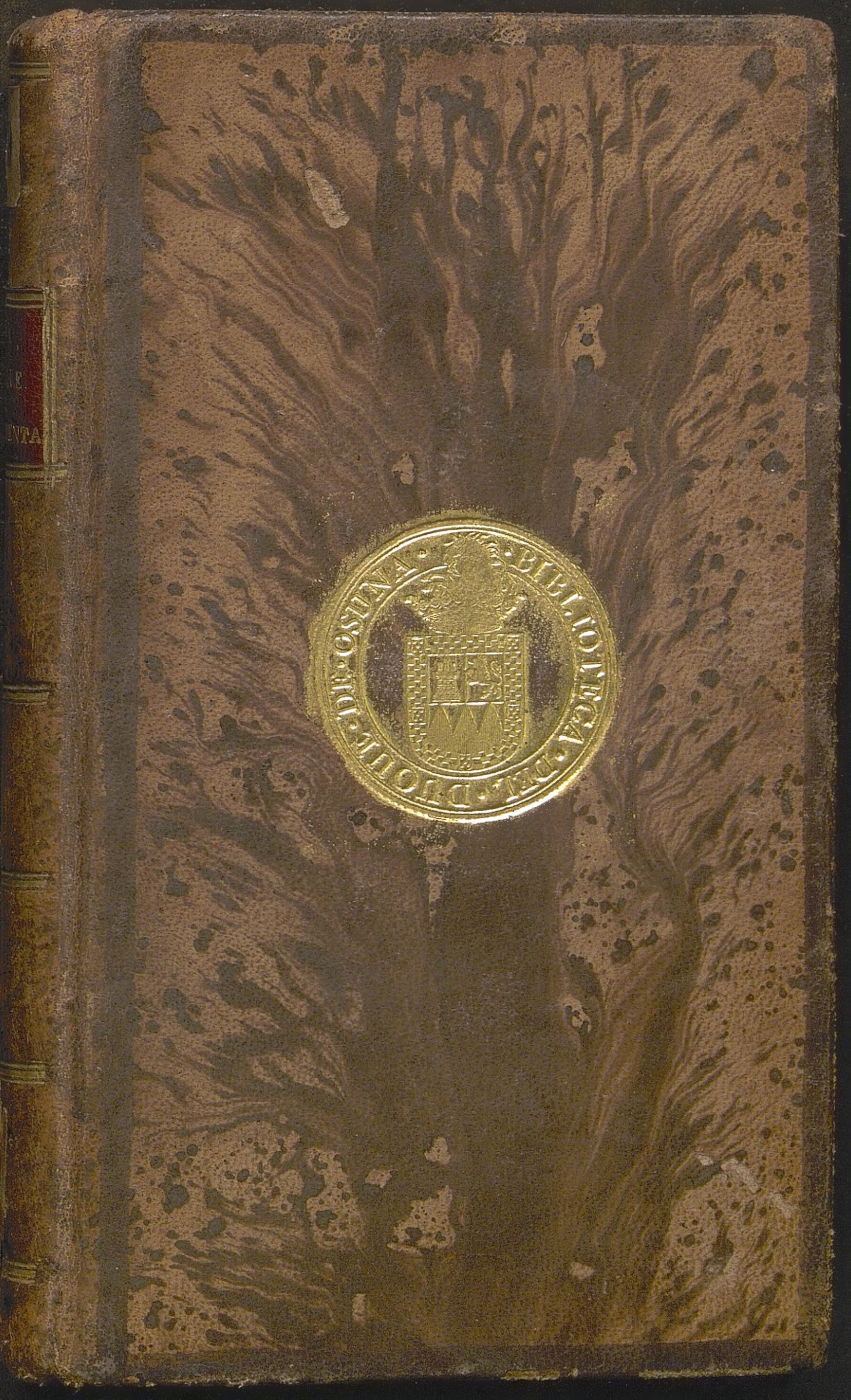

BIBLIOTECA · DEL · DUQUE · DE · OSUNA





COURS
DE
PHYSIQUE
EXPÉRIMENTALE
ET THÉORIQUE.

Tome I.



COURS
DE
PHYSIQUE
EXPÉRIMENTALE
ET THÉORIQUE;

FORMANT la derniere Partie d'un Cours Complet de Philoſophie, précédé d'un Précis de Mathématiques qui lui ſert comme d'Introduction.

PAR M. l'Abbé *SAURI*, Correſpondant de l'Académie Royale des Sciences de Montpellier.

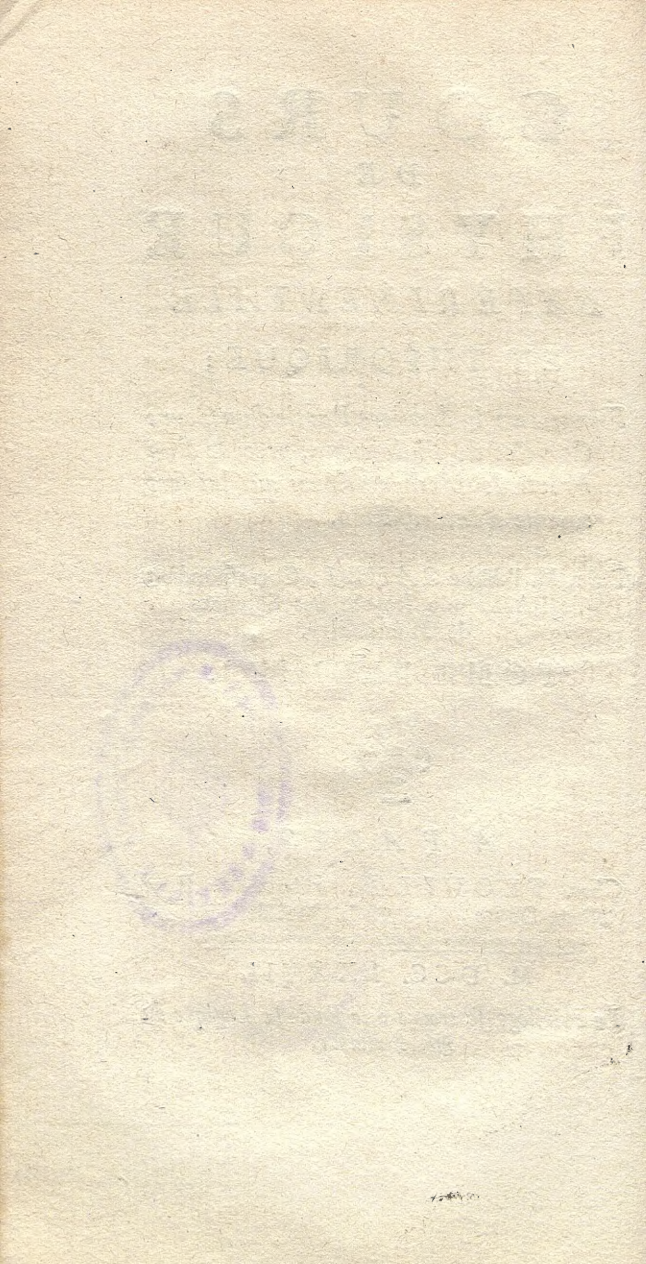
TOME PREMIER.



A PARIS,
Chez FROULLÉ, Libraire, Pont Notre-Dame, vis-à-vis le Quai de Gêvres.

M. DCC. LXXVII.

Le Privilege ſe trouve à la fin de la Logique du même Auteur.



PRÉFACE.

LA Physique est une Science fondée sur l'expérience & l'observation; & ce n'est que depuis qu'on ne cesse d'interroger la nature par des expériences multipliées, qu'on y a fait quelques progrès : mais, pour faire des expériences utiles, on est obligé de se procurer des instrumens qu'il n'est pas toujours aisé d'inventer. Comment, sans le thermometre, les Physiciens seroient-ils venus à bout de découvrir quels sont les jours les plus chauds & les plus froids de toute une année; & encore dans ces mêmes jours, à quelle heure le froid & le chaud se sont davantage fait sentir? Ainsi, les anciens ne pouvoient avoir une connoissance exacte de ces phénomenes,

parce qu'ils n'avoient pas imaginé cet instrument qui est de l'invention des modernes. Il y a aussi d'autres Phénomenes qui ne supposent point des instrumens recherchés, & qu'ils paroissent cependant avoir entierement ignorés. Quoiqu'ils aient connu sans doute l'évaporation de l'eau, ils ne savoient pas dans quel rapport se fait cette évaporation ; mais si l'on en croit un Physicien moderne, la quantité d'eau qui s'évapore des vases cylindriques ou prismatiques, est comme la racine des hauteurs.

La force dissolvante de l'air doit agir avec plus d'activité lorsque la cohésion des parties de l'eau est moindre, comme en été, à cause de la chaleur qui écarte les parties les unes des autres, & donne plus de facilité à l'air de s'insinuer.

L'évaporation dépend encore

de la pesanteur de l'athmosphere qui comprime plus ou moins l'eau. On sait aussi que dans le vuide, l'eau engendre peu à peu un nouvel air & des vapeurs, quoique cela se fasse lentement; l'évaporation est moindre lorsque l'air est plus chargé d'humidité; ce qui fait que l'air voisin d'un vase dont l'eau s'évapore, est humide, & le vent qui emporte cet air humide accélere l'évaporation. Comme l'eau qui s'est chargée d'une certaine quantité de sel, dissout ensuite plus lentement de nouveau sel; de même l'air voisin chargé d'une certaine humidité, doit dissoudre ensuite l'eau plus lentement. Les expériences de M. Lambert, (Mémoires de Berlin 1769), donnent aussi l'évaporation en raison des surfaces, toutes choses égales d'ailleurs. Selon M. Wallerius, (Mémoires de l'Académie de Suede, tome 8),

l'évaporation se fait en raison des surfaces : ce qui doit s'entendre de l'évaporation ordinaire (1). Il semble donc que la cause de l'évaporation n'est pas dans l'eau, mais dans l'air qui sera comme un fluide corrosif qui dissout l'eau & l'absorbe, comme l'eau dissout les sels, l'eau-forte, l'argent, l'eau régale, l'or. Mais en admettant que la force dissolvante de l'air contribue à l'évaporation de l'eau, elle n'est pas la seule cause, comme nous le verrons dans la suite de cet Ouvrage.

Les anciens ne paroissent pas non plus avoir connu la loi que suit la communication de la chaleur qui passe d'un corps dans un autre. Selon M. Braunius, (Mé-

(1) Dans l'évaporation violente, les bulles d'air, & peut-être d'un autre fluide, qui s'élevent du fond & du milieu, entraînent des particules d'eau, & l'évaporation ne peut suivre la même loi.

moires de l'Académie de Petersbourg, année 1766), si l'on met un vase rempli aux deux tiers d'eau dans un autre plus grand rempli de même d'eau, qu'on fasse bouillir l'eau de celui-ci tant qu'on voudra, l'eau du plus petit ne bouillira pas, & n'acquerra pas la chaleur de l'eau bouillante. La même expérience a lieu pour l'esprit de vin bien rectifié; mais non pas pour le vin, les huiles & les autres fluides hétérogenes. Au reste, il faut observer que les vases doivent être ouverts; sans cela, la chaleur nécessaire pour l'ébullition seroit communiquée au plus petit vase. Cela ne pourroit-il pas venir, dit un Physicien, de ce que dans les vases ouverts l'eau qui a bouilli ne peut pas acquérir une plus grande chaleur, & que cette chaleur ne peut passer toute entiere de l'eau du grand vase dans celle du

petit ; mais qu'il y a toujours une différence de 9 degrés, (selon l'Auteur cité), soit qu'à chaque instant ce qui passe de plus de chaleur dans le grand vase se dissipe, & se perde par le contact de l'air, dans lequel elle pénetre avec plus de facilité que dans le petit, soit que le feu du petit avec de moindres forces, (aidé de la résistance du petit vase,) puisse faire équilibre avec celui du grand vase; mais lorsque les vases sont fermés, ou quand il s'agit du vin, des huiles, &c. ces fluides recoivent plus de chaleur qu'il ne faut pour l'ébullition. Ainsi, il n'est pas surprenant que le phénomene en question n'ait lieu que pour les fluides homogenes, tels que l'eau & l'esprit de vin bien rectifié, qui ne peuvent, en bouillant à l'air libre, acquérir un plus grand degré de chaleur, & que le feu pénetre plus aisément que la matiere du petit vase. Mais s'il s'agit de l'es-

prit de vin bien rectifié, la différence de la chaleur eſt de 4 degrés, tandis qu'elle eſt de 9 pour l'eau, ainſi que nous l'avons déjà dit.

Les anciens ne connoiſſoient pas non plus le degré de chaleur que l'homme peut ſupporter ſans péril; mais le Docteur *Fordyce* a fait voir depuis peu qu'en prenant certaines précautions, & paſſant par degrés des lieux moins chauds dans d'autres plus échauffés, on peut reſter pendant quelques inſtans dans un lieu dont la chaleur eſt de 90 degrés d'un thermometre dans lequel, ſelon l'Auteur du Journal Anglois, tom. 1er, la 110e diviſion répond à peu près au 53e degré de celui de Réaumur, comme on le trouvera dans notre Phyſique, au Chapitre du Feu. Nous avouerons cependant qu'il reſte quelque doute là-deſſus; parce que dans le thermometre de *Fahrenheit*, dont on

ſe ſert communément en Angleterre, la cent dixieme diviſion ne répond pas au 53e degré de celui de Réaumur, en ſuppoſant même que celui-ci marque environ 100 degrés à l'eau bouillante; mais cela n'empêche pas que le Docteur Fordyce n'ait ſupporté une très-grande chaleur ſans en être incommodé : cependant ces ſortes d'expériences ſont dangereuſes, & il n'eſt pas prudent de les tenter. Ariſtote avoit avancé, ainſi que nous l'avons rapporté dans la ſuite de cet Ouvrage, que les os du lion ſont ſi durs, qu'en les frappant les uns contre les autres, on en tire du feu; mais les modernes prétendent que ce phénomene n'a pas lieu. On pourra excuſer Ariſtote, en diſant que cette propriété étoit particuliere aux os de quelques individus, ou du moins à ceux dont il a fait uſage.

Les anciens qui ne connoiſſoient ni les lunettes d'approche, ni les téleſcopes, ignoroient ſi Jupiter & Saturne ont des ſatellites. Le défaut des barometres les a empêché de connoître les effets de la preſſion de l'air : je ne finirois pas ſi je voulois faire l'énumération des découvertes que les modernes ont faites par le moyen des inſtrumens, & des expériences qu'ils ont tentées ; auſſi la Phyſique a-t-elle fait de très-grands progrès depuis environ un ſiecle.

Mais pour être Phyſicien, il ne ſuffit pas de faire des expériences, ou de répéter celles que d'autres ont faites ; il faut en ſavoir tirer parti, les comparer pour en déduire les cauſes & l'explication des phénomenes de la nature. On ſe tromperoit groſſierement ſi l'on penſoit qu'on peut apprendre la Phyſique en voyant faire des expériences : en effet, les machines

dont on fait uſage, ſont toujours plus ou moins imparfaites, & ſouvent elles donnent des réſultats apparens, bien différens de ce qu'ils ſont dans la réalité.

Lorſqu'une boule d'argile ſuſpendue à un fil, va choquer une autre boule égale ſuſpendue à un fil ſemblable, elles ſe meuvent ſenſiblement avec la même vîteſſe après le choc, & parcourent un arc qui eſt la moitié de celui que la boule choquante a d'abord parcouru. Les Auteurs de Phyſique expérimentale ſe ſervent de cette expérience pour prouver qu'un corps ſans reſſort communique à un autre corps égal qu'il choque la moitié de ſa vîteſſe auſſi-bien que la moitié de ſon mouvement. Cependant il eſt certain que la réſiſtance de l'air empêche que les boules, dont nous venons de parler, décrivent exactement un arc égal à la moitié de celui que

décrit la boule choquante; & si l'on faisoit l'expérience en grand, on trouveroit que le résultat n'est pas exact; mais quand il s'agit de petits arcs, la différence est si petite qu'on ne peut l'appercevoir. On comprendra facilement que l'on ne peut prouver, dans la rigueur, les loix du choc des corps par le moyen des machines, si l'on fait cette attention avec moi, qu'il n'existe dans la nature aucun corps parfaitement mou, ni à ressort parfait.

D'ailleurs, quelles connoissances pourroient nous donner les expériences & les instrumens relativement à la nature des parties élémentaires des corps? Vainement les Chymistes tenteroient d'analyser les particules de l'eau, ou celles du feu; ces substances échappent par leur petitesse aux efforts des agens naturels. D'un autre côté, lorsque les distances sont trop grandes ou trop petites, la

méthode des Physiciens purement expérimentateurs, ne peut plus être d'aucune utilité. Jamais l'expérience ne fera connoître la loi que suivent les forces physiques des corps, la maniere dont s'attirent ou se repoussent leurs parties insensibles dans les distances inassignables : c'est cependant cette connoissance préliminaire qui nous paroît être le fondement de la vraie Physique.

Cette Science est très-digne d'un homme qui sait penser, qui en a le loisir : la recherche de la vérité lui offre chaque jour de nouveaux charmes, de nouveaux agrémens ; & il ne manque point de trouver dans ses découvertes des plaisirs d'autant plus dignes de l'homme, & d'autant plus vifs, qu'ils sont plus nobles & plus purs. Descartes nous dit, dans son excellente Méthode, qu'ayant fait une revue sur les

diverſes occupations des hommes en cette vie, pour tâcher de faire choix de la meilleure, il penſa qu'il ne pouvoit mieux faire que de continuer en celle-là même où il ſe trouvoit, c'eſt-à-dire, que d'employer toute ſa vie à cultiver ſa raiſon, s'avancer autant qu'il pourroit dans la connoiſſance de la vérité. Peut-on ſe plaindre des peines & des inquiétudes attachées au détail d'une expérience qui eſt aſſez avantageuſe pour nous conduire à la découverte de quelque vérité? Quelle ſatisfaction ne goûte-t-on pas quand, après une analyſe ſubtile, une préciſion ſcrupuleuſe, on a le bonheur de parvenir au but, & d'arracher à la nature ſon ſecret?

Mais ceux qui ne ſavent faire que des expériences, rejettent ſouvent les vérités les plus inconteſtables, lorſqu'ils ne peuvent les prouver

par le moyen de leurs inſtrumens ; ils ne veulent rien admettre que ce qu'ils voient de leurs yeux, ou touchent de leurs mains : tout ce qu'on leur prouve par les raiſonnemens les plus ſolides & les plus évidens, leur demeure toujours ſuſpect, à moins qu'on ne le leur mette devant les yeux. On remarque ce défaut dans les Chymiſtes, dans les Anatomiſtes, & dans les Phyſiciens, qui ne s'occupent qu'à faire des expériences : tout ce que les uns ne peuvent fondre dans leur creuſet, ou les autres diſſéquer avec leur ſcalpel ; ce que les autres ne peuvent ſoumettre à leurs expériences, leur devient ſuſpect, & ne fait aucune impreſſion ſur eux. Nous ne prétendons pas dire cependant que tous les Chymiſtes, tous les Anatomiſtes, tous les Phyſiciens expérimentateurs donnent dans ce travers : il y en a un grand nombre qui,

doués d'un génie ſupérieur, & connoiſſant les bornes de la Phyſique expérimentale, tâchent de découvrir par leurs méditations les loix de la nature que l'expérience ne ſauroit faire connoître : c'eſt par cette méthode que les Newton, les Sgraveſande, les Muſſenbroek, les Deſaguillers, les Prieſtley, & un grand nombre d'autres ſpéculateurs, ont avancé les progrès de la Phyſique.

Cette Science a pour objet la nature corporelle, c'eſt-à-dire l'aſſemblage ou le ſyſtême des corps qui compoſent cet Univers viſible, avec les loix phyſiques par leſquelles ils agiſſent les uns ſur les autres. Voici le plan que nous avons ſuivi dans cet Ouvrage : nous l'avons diviſé en douze Sections ou parties. La premiere traite de la Méchanique des Corps Solides ; du Mouvement ſimple & du Mouvement compoſé ; des Loix

du Mouvement & du Choc des Corps; des Mouvemens accélérés & retardés, & du Centre de gravité; du Mouvement en ligne courbe; des principales Machines, du levier, du plan incliné, du treuil, du cabeſtan, &c. Nous n'avons pas oublié de faire différentes applications aux Arts lorſque l'occaſion s'en eſt préſentée.

La ſeconde Section ou l'Hydrodynamique comprend la ſcience des Fluides, & cette ſcience ſe diviſe naturellement en deux parties. La premiere ou l'Hydroſtatique regarde l'équilibre, & la preſſion des fluides en repos; mais l'Hydraulique s'occupe du mouvement & de la réſiſtance des fluides, ſoit élaſtiques, ſoit non élaſtiques. Nous avons développé la théorie des ſyphons, celle des pompes aſpirantes & foulantes, & celle du mouvement des eaux,

du cours des fleuves & des rivieres, &c.

La troisieme Section renferme la Théorie des Forces Physiques: elle nous paroît être la clef de la saine Physique, aussi nous sommes-nous attachés à la bien développer. Comme cette Théorie est fondée sur la loi de continuité, nous nous sommes appliqués à établir cette loi par un grand nombre d'observations & par des raisonnemens solides; parce que cette loi une fois admise, on ne peut plus révoquer en doute l'existence des forces, soit attractives, soit répulsives, que nous avons cependant démontrée par un grand nombre d'expériences. Ces forces n'étoient pas inconnues au grand Newton, à Mussenbroek, &c.; mais ces Physiciens n'ont pu nous développer la loi qu'elles suivent dans les petites distances, comme

le ſavent très-bien tous ceux qui ont lu leurs Ouvrages.

La Section quatrieme renferme ce qui regarde les Saveurs, les Odeurs & le Son; nous l'avons diviſée en deux Chapitres : dans le premier nous avons développé les cauſes des Odeurs & des Saveurs; le ſecond contient la théorie du Son, & par conſéquent le fondement de la Muſique.

La Section cinquieme contient l'Optique; elle eſt diviſée en quatre Chapitres : dans le premier nous avons traité de la nature de la Lumiere & des Couleurs; dans le ſecond nous avons développé les Loix de la Catoptrique ou de la Lumiere Réfléchie, & les effets des Miroirs; dans le troiſieme nous avons parlé de la Lumiere Réfractée ou de la Dioptrique, des Microſcopes, des Lunettes, des Téleſcopes, des

Verres ardens, de la Lanterne magique, &c. Dans le quatrieme enfin nous avons traité de la Viſion & d'un grand nombre de Phénomenes qui y ont rapport.

La ſixieme Section contient l'Aſtronomie Phyſique avec le développement du Syſtême de Copernic : nous avons fait tous nos efforts pour mettre cette ſcience intéreſſante à la portée des eſprits ordinaires. Nous avons puiſé dans les Ouvrages de M M. Caſſini, le Monier, la Caille, Lalande, &c.

Dans la ſeptieme Section nous avons traité du Flux & Reflux de la Mer, de l'Electricité & de l'Aimant.

Dans la huitieme, nous avons parlé de l'Eau, du Feu & de l'Air.

Dans la neuvieme nous avons traité des Météores en général, des Météores Aqueux, & des Météores Emphatiques.

Dans la dixieme Section nous

avons développé la théorie des Météores ignés ; nous l'avons divifée en deux Chapitres : le premier contient ce qui regarde les Météores ignés, aériens ; tels que la Lumiere zodiacale, l'Aurore boréale, les Etoiles tombantes, les Feux qu'on appelle Caftor & Pollux, les Feux Follets, les Globes de feu, les Eclairs, la Foudre & le Tonnerre. Le fecond Chapitre a pour objet les Météores ignés fouterreins, d'où dépendent les volcans & les tremblemens de terre.

Les Vents ou les Météores aériens font la matiere de la Section onzieme : comme cette queftion eft très-intéreffante, fur-tout pour la Navigation, nous nous fommes appliqués à la bien développer ; & il nous paroît que notre Traité des Vents eft le plus complet qui ait encore paru.

Enfin

Enfin la douzieme Section traite de l'influence des Météores ſur la végétation, & de l'Agriculture. Nous avons tâché d'expliquer comment les vents, les pluies, la roſée, la grêle, les tremblemens de terre, les foudres, la chaleur & le froid agiſſent ſur les plantes : nous avons parlé auſſi des regles qu'on peut ſuivre pour prévoir les changemens de temps, les bonnes & les mauvaiſes années, ce qui eſt de la plus grande utilité dans la politique & dans le commerce. Nous avons encore développé les principes de l'agriculture, dont les Auteurs qui ont donné des Cours de Phyſique ne ſe ſont point occupés. Nous avons enſeigné à connoître les terres propres aux différens grains, les moyens de ſe procurer d'abondantes récoltes, les moyens de délivrer les bleds de différens in-

ſectes qui les dévorent, de les conſerver pendant long-temps, de prévenir le charbon, la rouille, &c. Nous avons auſſi parlé de la culture des arbres & de la vigne, des moyens de détruire les inſectes qui s'attachent à la vigne, les procédés qu'on doit ſuivre pour ſe procurer d'excellent vin. Mais parce que les Marchands de vin falſifient quelquefois cette liqueur avec des préparations dangereuſes, telles que la litharge ou d'autres chaux de plomb, nous avons indiqué différens moyens pour connoître ſi un vin eſt édulcoré ou non avec la litharge, qu'on doit regarder comme un poiſon capable de donner la mort.

Tel eſt l'Ouvrage que nous préſentons aujourd'hui au Public, & que nous avions promis en publiant notre Logique & notre

Métaphyſique. Quoique la Morale ſoit auſſi une partie de la Philoſophie; cependant, comme bien des gens ſeront bien aiſes de ſe procurer la Phyſique ſans la Morale, on la vendra ſéparément. Mais parce que nous avons traité dans la Métaphyſique différentes queſtions qui ont beaucoup de rapport avec la Phyſique, telles, par exemple, que la Nature de l'Eſpace, l'Influence des Saiſons & du Climat ſur l'eſprit, l'Union de l'Ame avec le Corps, & pluſieurs autres choſes non moins curieuſes qu'intéreſſantes, nous invitons nos Lecteurs à parcourir cet Ouvrage auſſi-bien que notre Logique, où ils trouveront les principes du raiſonnement développés d'une maniere auſſi claire que préciſe. Nous oſons même dire qu'il eſt très-difficile d'être bon Phyſicien quand on ignore

la Logique & la Métaphyſique.

Tous les Auteurs qui ont écrit ſur la Phyſique, ont ſuppoſé leurs Lecteurs plus ou moins verſés dans les Mathématiques. M. l'Abbé Nollet lui-même ſuppoſe que ſes Lecteurs ont quelque connoiſſance de ces lignes courbes que les Géometres appellent paraboles, & ellipſes; & il faut convenir qu'on ne ſauroit faire de grands progrès dans la Phyſique, ſi l'on n'a au moins une teinture de Géométrie. Pour faciliter donc l'intelligence de notre Cours de Phyſique, le plus complet qui ait encore paru, nous avons publié un petit Précis de Mathématiques, dans la ſeconde édition duquel nous avons mis un petit Traité des Courbes qui ne contient que ſix pages, dans lequel nous avons développé, d'une maniere ſuffiſante, les propriétés de la Para-

bole, de l'Ellipſe & de la Courbe, des Forces Phyſiques, qui ſont des lignes dont nous avons fait uſage dans notre Phyſique. Ceux qui auront lu ce Précis de Mathématiques (1), qui eſt très-court, puiſqu'il ne contient que 154 pages *in*-12, & ſi clair que les eſprits ordinaires l'apprennent ſans le ſecours d'aucun Maître, pourront parcourir notre Cours de Phyſique avec beaucoup de ſuccès; mais on doit regarder notre Précis de Mathématiques comme une introduction à notre Phyſique, dont il eſt cenſé faire le premier Volume.

Ceux qui, ſans être verſés dans

(1) Ce petit Ouvrage de Mathématiques a pour titre :

Précis de Mathématiques à la portée de tout le monde, à l'uſage des Colleges & Penſions, & des jeunes Officiers; Ouvrage deſtiné à l'inſtruction des enfans du plus bas âge, & de ceux qui, n'ayant pas le ſecours d'un Maître de Mathématiques, veulent s'ini-

les Mathématiques, ont voulu nous donner des Ouvrages de Physique, sont tombés dans des paralogismes absurdes. Un Auteur moderne a prétendu qu'un Cylindre qui se meut dans un fluide de même densité que lui, doit perdre la moitié de sa vitesse en parcourant la longueur de son axe, parce que ce corps déplace une masse de matiere qui lui est égale. Nous avons fait voir, dans notre

---

tier dans cette Science en peu de temps, & sans beaucoup de peine. On y trouve l'Arithmétique, l'Algebre, la Géométrie, un Traité de Géométrie pratique, le Nivellement, un petit Traité des Courbes, & tout ce qui est nécessaire pour entendre la Géographie, les Fortifications de M. le Blon, l'Ingénieur François, &c. avec figures, *prix 2 liv. 8 sols*, franc de port par tout le Royaume.

On le trouvera chez le Libraire qui vend la Physique; la veuve Desaint, Libraire rue du Foin; MM. Valade, rue S. Jacques; Ruault, rue de la Harpe; Jombert fils ainé, rue Dauphine, & chez l'Auteur.

Hydrodynamique, que ce raiſonnement n'eſt rien moins que ſolide; & dans le cinquieme Volume du Cours complet de Mathématiques, nous avons trouvé un réſultat bien différent, en employant le calcul intégral. Dans le même Volume nous avons développé, d'une maniere très-ſatisfaiſante, par les principes de notre Théorie des Forces Phyſiques, la loi que ſuivent les vîteſſes de l'eau, ſelon la hauteur du réſervoir, auſſi-bien que le rapport conſtant qu'on obſerve entre le ſinus de l'angle d'incidence & de celui de réfraction, lorſqu'un rayon de lumiere paſſe d'un milieu dans un autre. Nous avons encore réſolu dans le même Volume, les plus beaux problêmes de Méchanique, d'Hydrodynamique, & d'Optique; & nous invitons ceux de nos Lecteurs qui ſont verſés

dans les Mathématiques, à lire ce Volume, dans lequel ils trouveront des choſes très-intéreſſantes. Mais ceux qui veulent apprendre les Mathématiques, & les approfondir, peuvent, après avoir lu notre Précis, paſſer a la troiſieme édition de nos Inſtitutions Mathématiques, plus correcte, plus claire, & plus méthodique que la ſeconde édition, qui a été contrefaite par un Libraire d'Avignon, & qui, ſelon toutes les apparences, eſt remplie de fautes, comme c'eſt aſſez l'uſage (1): après

(1) Il ſera aiſé de diſtinguer la troiſieme édition de l'édition contrefaite à Avignon, parce que dans celle ci les notes ſont indiquées par des lettres, tandis qu'elles ſont indiquées par des étoiles dans la troiſieme édition, plus correcte, plus claire, plus exacte que les précédentes, & dans laquelle on trouve auſſi différentes choſes qui ne ſont pas dans les autres. On trouvera même deux ou trois notes dans notre Phyſique, dans leſquelles nous avons fait uſage des principes établis

voir lu nos Inſtitutions, ils pourront lire avec ſuccès notre Cours complet de Mathématiques en cinq Volumes *in*-8° (1); ils n'ont pas beſoin d'autres livres pour devenir Géometres.

Ceux qui compareront notre Phyſique avec les Ouvrages de ce genre qu'on a publiés en France, n'auront pas de peine à comprendre que notre Théorie differe totalement des principes des Phyſiciens François; mais cette même Théorie n'eſt pas inconnue en Italie & en Allemagne. Nous ne demandons point

---

dans nos Inſtitutions; ceux qui n'ont pas lu cet Ouvrage, pourront omettre ces notes ſans conſéquence.

(1) On trouve cet Ouvrage, auſſi-bien que notre Logique & notre Métaphyſique, chez M. Ruault, Libraire rue de la Harpe. Pour ce qui regarde les Inſtitutions Mathématiques, on s'adreſſera à M. Valade, Libraire rue S. Jacques, ou même à l'Auteur.

de grace à nos Lecteurs ; ſi en comparant les preuves que nous donnons avec celles des Phyſiciens qui ont des ſyſtêmes différens, ils les trouvent plus foibles ; s'ils trouvent que nos principes ne ſont pas apuyés ſur des raiſonnemens plus ſolides, ſur des expériences plus déciſives ; s'ils trouvent que nous ne donnons pas dés explications plus ſatisfaiſantes des différens Phénomenes de la nature, que n'ont fait nos Auteurs de Phyſique ; nous conſentons volontiers qu'ils rejettent notre Théorie. Mais nous ſouhaiterions qu'avant de lire notre Ouvrage, ils vouluſſent bien ſe dépouiller de certains préjugés qui empêchent qu'on ne faſſe des progrès dans la recherche de la vérité, qu'on doit chercher de bonne foi, ſi l'on veut avancer dans la carriere des ſciences ; & qu'ils oubliaſſent pour

un moment, ou du moins qu'ils se comportassent comme s'ils avoient oublié les Systêmes de Physique, qu'on leur a peut-être donnés comme des vérités incontestables; & qui ne sont souvent que des erreurs palpables.

Pour rendre notre Ouvrage intéressant, nous avons cru devoir le remplir d'observations utiles, capables d'exciter l'attention des jeunes Physiciens. Ces observations faites dans toutes les parties du monde, nous les avons tirées des Voyageurs & des Historiens. Quand nous ne dirions pas ici que nous avons puisé dans les Ouvrages de Physique les plus célebres, tels que Newton, Desaguilliers, Sgravesande, Mussenbroek, l'Abbé Richard, Boscovich, Mako, Scherffer, les Mémoires des Académies de l'Europe, &c. nos Lecteurs s'en ap-

percevroient facilement. Nous avons encore parcouru le Journal de Physique de M. l'Abbé Rozier, l'Esprit des Journaux, &c.; mais nous avons remarqué, quoiqu'un peu tard, qu'il y avoit eu des guillemets mal placés, ou omis dans quelques endroits; & quoique cela soit assez indifférent pour le Lecteur, nous sommes bien aises d'en avertir, afin qu'on ne nous soupçonne pas de vouloir nous approprier ce qui appartient aux autres.

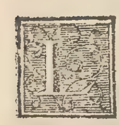
Nous croyons aussi devoir prévenir les jeunes Physiciens que notre Théorie ne suppose pas l'existence des points inétendus, & qu'elle peut subsister en donnant aux premiers élémens des corps une étendue très-petite, ou si l'on veut, infiniment petite; ainsi que nous l'avons remarqué dans la troisieme Section de cet Ouvrage.

COURS



COURS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE ET *THÉORIQUE.*

INTRODUCTION *A LA PHYSIQUE.*



LA *Phyſique* eſt cette ſcience auſſi agréable qu'utile, qui traite des propriétés du corps naturel : je dis du corps naturel ; parce que les Phyſiciens ne doivent pas entreprendre d'expliquer les phénomenes qui arrivent dans le monde contre le cours ordinaire de la nature & par miracle : telle fut autrefois la mort des premiers nés de l'Egypte, le paſſage de la mer rouge

par les Iſraélites. La *nature corporelle* qui fait l'objet de la Phyſique, n'eſt autre choſe que la diſpoſition, l'arrangement & l'ordre de différens corps animés, ou inanimés, qui exiſtent dans l'*eſpace*, dans lequel ils ſe meuvent ou peuvent ſe mouvoir ; c'eſt l'aſſemblage, la ſymmétrie & l'harmonie des êtres corporels, qui forme cet Univers admirable, que le Créateur a ſoumis aux diſputes & aux recherches des mortels. Le nom de *nature* a été très-utile aux anciens Philoſophes qui s'en ſervoient pour cacher leur ignorance ; c'eſt pourquoi Galien, en parlant de la formation du fétus & ailleurs, les blâme d'avoir traité d'une maniere confuſe des facultés naturelles & de la nature, ſans avoir jamais expliqué comment & pourquoi ces opérations exiſtoient. On trouve encore aujourd'hui bien des gens qui nous diſent que les bêtes cherchent la nourriture qui leur convient, & fuient ce qui leur eſt nuiſible par un *inſtinct naturel* ; que la nature eſt ſage, prévoyante ; qu'elle fait tout par la voie la plus courte, &c. quoique pluſieurs ignorent abſolument ce que ſignifie le nom de nature.

On obſerve dans les corps des propriétés différentes ; les unes ſont communes ou univerſelles, parce qu'on les remarque dans tous les corps qui ſont ſoumis à nos expériences & à nos obſervations ; les autres qu'on peut appeller *propriétés particulieres* ou *qualités*, ne ſe trouvent que dans certains corps. De cette diſtinction des propriétés eſt née dans les Ecoles la coutume, plus célebre qu'utile, de diviſer la Phyſique en *génerale* & en *particuliere* ; la premiere a pour objet les propriétés générales des corps ; la ſeconde s'occupe de leurs propriétés particulieres : mais ſans nous mettre en peine de cet uſage, nous traiterons les matieres dans l'ordre qui nous paroîtra le plus propre à nous rendre intelligible à nos Lecteurs, imitant en cela les Géometres qui ne font pas difficulté de tranſgreſſer les loix de la diviſion, lorſqu'ils peuvent par ce moyen abréger la ſcience, ou la rendre plus facile.

On peut diſtinguer deux eſpeces de Phyſique, l'une *expérimentale*, l'autre *théorique* ou *ſyſtématique* ; la premiere nous fait connoître les

propriétés des corps & leurs effets par les observations & les expériences ; c'est à proprement parler la science des faits ; la seconde est l'explication des faits. On doit sans doute recommander la Physique expérimentale ; mais elle demande plus de dextérité dans la main que de subtilité dans l'esprit ; & il seroit à souhaiter que ceux dont le mérite consiste principalement dans l'industrie des mains, s'occupassent à faire des expériences, laissant aux Physiciens doués d'un génie vaste & profond le soin d'avancer par leurs méditations la partie théorique ; mais on ne doit pas confondre les observations avec les expériences. Si nous remarquons un phénomene que la nature produit sans le secours de l'art, c'est alors une observation, & non une expérience : par exemple, pendant un temps d'orage nous regardons le ciel couvert de nuages, c'est-là une observation, & non une expérience ; mais si par le moyen d'un prisme de verre, on fait voir qu'un rayon blanc de lumiere contient des rayons de différentes couleurs, *rouge*, *orangé*,

jaune, vert, bleu, indigo, violet; alors on fait une expérience, parce que par l'induſtrie de l'Artiſte, on découvre un phénomene nouveau; l'on force pour ainſi dire la nature à ſe dévoiler, & à manifeſter une propriété qui ſeroit reſtée cachée ſans cette expérience. Au reſte, nous entendons par *phénomene*, tout ce que nous pouvons connoître par le moyen des ſens, ſoit par l'obſervation, ſoit par l'expérience.

Pour faire des progrès dans la Phyſique, il eſt néceſſaire d'obſerver exactement les regles admirables que le grand Newton nous a propoſées. La premiere peut s'exprimer ainſi: *On ne doit admettre pour cauſes des effets naturels, que des cauſes vraies, & ſeulement celles qui ſont ſuffiſantes pour expliquer les faits;* car la nature ne fait rien en vain & n'emploie pas des cauſes ſuperflues. Quand on veut rendre raiſon d'un phénomene, il ne ſuffit pas d'en aſſigner une cauſe poſſible, il faut prouver ſon exiſtence ou par la raiſon, ou par l'expérience, ou par l'obſervation. On ne doit pas non plus entreprendre d'ex-

pliquer des phénomenes dont l'existence est incertaine. Plutarque s'étoit autrefois proposé cette question : *Pourquoi les poulains ont coutume de courir plus vîte lorsqu'ils sont poursuivis par les loups.* Ayant cherché différentes explications, il proposa enfin la véritable solution : Mais peut-être, dit-il, cela n'est pas vrai.

IIe. REGLE. *Les effets naturels du même genre sont produits par les mêmes causes.* Cette regle est une suite de la premiere ; car pourquoi la nature emploieroit-elle plusieurs causes, si l'une est suffisante ? Ainsi la même cause produit la chûte des corps vers le centre de la terre, en Europe & en Amérique, la réflexion de la lumiere sur la terre & dans les planetes, la respiration dans le tigre & dans le lion, l'attraction dans nos aimans noirs & dans les aimans rouges de l'Arabie, &c. Cependant l'application de cette regle demande beaucoup de prudence ; car souvent certains phénomenes paroissent semblables, quoiqu'ils different par quelques circonstances cachées qu'il n'est pas facile de découvrir ; c'est ainsi que

certaines plantes malfaiſantes reſſemblent à celles qui ſont ſalutaires, & que le ſucre en poudre a l'apparence du ſel blanc pilé.

IIIe. REGLE. *Les qualités des corps qui ne ſont pas ſuſceptibles de plus & de moins, qui ne peuvent augmenter ni diminuer, & qui ſe trouvent dans tous les corps ſur leſquels on peut faire des expériences, doivent être regardées comme de propriétés univerſelles.* Ainſi parce qu'un corps mou n'eſt pas moins mobile qu'un corps dur, on doit conclure que la *mobilité* eſt une propriété univerſelle qui convient à tous les corps; mais parce que le diamant eſt plus dur que le plomb, il eſt viſible que la dureté eſt ſuſceptible de plus & de moins; elle n'eſt pas une propriété univerſelle, mais elle dépend de l'arrangement & de la diſpoſition des parties primitives des corps, que nos ſens ne peuvent nous faire appercevoir, ſur leſquelles nous ne pouvons pas faire des expériences, auxquelles nous ne devons pas attribuer les qualités qui ne dépendent que de l'aſſemblage des particules, & qui par conſéquent ne conviennent

pas à ces particules considérées comme séparées. Tous les corps que nous voyons ont une figure : il ne s'en suit pas cependant, que les points de matiere dont ils sont composés, soient figurés & étendus ; mais nous traiterons ailleurs cette question.

IVe. REGLE. *Dans la Philosophie expérimentale, les propositions déduites des phénomenes par induction, doivent être regardées comme vraies, ou exactement, ou à très peu près, jusqu'à ce qu'on découvre d'autres phénomenes qui les rendent plus exactes, ou qui prouvent qu'elles sont sujettes à quelques exceptions.* La Physique est une science qui se perfectionne par l'observation. On croyoit autrefois qu'un des poles de l'aimant se tournoit toujours du côté du nord ; mais on a découvert ensuite que sa direction étoit sujette à beaucoup de variations. On doit faire peu de cas des systêmes qui ne sont pas appuyés sur des observations ou des expériences exactes (1), & qui ne

(1) Pour pouvoir conclure quelque chose des expériences, on doit employer des instrumens exacts. Si l'on fait passer un rayon so-

doivent leur exiſtence qu'aux fictions d'une imagination hardie & téméraire,

laire dans une chambre obſcure, à travers un trou de la groſſeur d'une plume à écrire, pratiqué au volet d'une fenêtre, il eſt facile de le ſéparer en ſept rayons colorés, *rouge*, *orangé*, *jaune*, *vert*, *bleu*, *indigo*, *violet*, en lui préſentant ſous un certain angle la face d'un priſme triangulaire de verre, ſans bulles & ſans ondes; cependant l'adroit Mariotte s'étant ſervi d'inſtrumens imparfaits, manqua cette expérience ſur laquelle eſt appuyée la doctrine de Newton ſur les couleurs. Quelquefois on doit faire attention au pays, au lieu & au temps, aux nuages, à la denſité, à l'humidité de l'air. A Paris la longueur du pendule à ſecondes eſt d'environ 36 pouces, 8 lignes; mais on auroit tort de penſer que cette longueur eſt la même par toute la terre. On a éprouvé autrefois en France (ainſi que Lémeri le rapporte dans ſon Cours de Chymie), que cette liqueur jaune qu'on trouve aux gencives des viperes, & qui renferme leur venin, étant introduite dans les bleſſures des animaux, ne produiſoit aucun mauvais effet; ce qui venoit ſans doute ou de la nourriture, ou du peu de vivacité du reptile; car en Italie, *Redi* a obſervé en faiſant de ſemblables expériences, les ſymptomes que le venin a coutume de produire. On doit remarquer ici que la liqueur dont nous parlons, n'eſt que le véhicule de l'eſprit vénéneux; & que celui-ci n'eſt réellement tel que quand on le revêt de ce caractere, en mettant l'animal en colere. Voyez dans notre Métaphyſique le chapitre de la Sympathie & de l'Antipahie. On doit avoir égard à la chaleur qui peut rendre l'expérience incertaine; car M. Petit, voulant examiner un œil de veau, obſerva que la chaleur de ſa main l'avoit obſcurci, & avoit produit comme une eſpece de cataracte.

On doit faire attention aux qualités de l'air

qui dédaigne de consulter les phénomenes. Dans les matieres non révélées

---

dans les lieux dans lesquels on fait l'expérience, aux exhalaisons dont il est chargé, aux vases qu'on emploie, à la pureté des corps sur lesquels on opere; & l'on ne doit pas se contenter de faire une seule expérience, il est bon de la réitérer plusieurs fois; car souvent on peut remarquer des circonstances qu'on n'avoit pas d'abord apperçues. Il est nécessaire encore de varier non seulement la masse du corps qu'on veut examiner, mais aussi les machines; ainsi Mussenbroeck a remarqué des différences dans les dissolutions ou les fermentations chymiques, qui n'étoient dues qu'au changement de quantité de liqueurs acides & alkalines. D'autre côté, en employant différentes machines pour faire la même expérience, il sera plus facile de connoître la part que la machine & la nature ont chacune dans le phénomene.

Quand on doute de l'exactitude d'une expérience, il faut la répéter si l'on peut; si cela n'est pas en notre pouvoir, nous devons examiner si elle est contraire aux vérités physiques dont on est assuré d'ailleurs. Nous devons préférer les expériences faites par des Auteurs dont la probité & l'habileté sont généralement reconnues, & sur-tout celles qui sont faites par des Académiciens célebres, & ensuite adoptées par une Académie entiere. Cependant on a encore besoin de discernement & de prudence; ainsi l'expérience faite par Homberg, en employant un tube de verre duquel on avoit retiré l'air crasse, approuvée par plusieurs Membres de l'Académie Royale de Paris, par laquelle il paroissoit que la réfraction de la lumiere étoit la même dans un air très-rare & dans l'air ordinaire, n'étoit pas concluante, puisque les Anglois en employant d'autres instrumens plus exacts, ont fait voir

& purement philoſophiques, deſquelles ſeules il eſt ici queſtion, un Philoſophe ne doit rien admettre, dont il n'ait une connoiſſance évidente, ni défendre comme certaines, les choſes qui ſont ſeulement pro-

---

le contraire. En effet, on peut remarquer cette différence notable, en tranſmettant à des diſtances un peu conſidérables les images des objets à travers un priſme compoſé des lames de verre, & dont la cavité eſt d'abord remplie d'air, & enſuite vuide. On doit encore en général préférer les nouvelles expériences aux anciennes, parce que la préſomption eſt pour les modernes, à cauſe que la Phyſique ſe perfectionne de jour en jour. La facilité de l'expérience lui donne un grand degré de probabilité. Qui voudroit en effet au péril de ſa réputation rapporter un fait dont tout le monde pourroit prouver la fauſſeté? On ne doit pas non plus confondre un phénomene avec la concluſion qu'on en tire; ainſi le minium étant compoſé de plomb réduit en chaux rouge, celui-là ſe tromperoit lourdement, qui voyant qu'en répandant de l'eau-forte ſur de la limaille de plomb, on excite à peine une petite efferveſcence, & que le menſtrue ronge ce corps avec peine, concluroit que les corps compoſés de plomb, & le minium lui-même, ne peuvent être diſſous que lentement par l'action de l'eau-forte; car Muſſenbroeck, dans ſes Commentaires ſur les Expériences de l'Académie de Florence, a obſervé tout le contraire. Enfin ſi les expériences oppoſées ſont d'un égal poids, ou ſi elles ſont incertaines d'un côté, on ne doit rien conclure, ſi l'on ne veut s'expoſer au reproche d'avoir jugé avec trop de précipitation.

bables. Il eſt néceſſaire auſſi de diviſer les queſtions en pluſieurs parties, pour les réſoudre avec plus de facilité, d'aller comme par degrés des choſes plus ſimples & plus faciles, à celles qui ſont plus compoſées & plus difficiles, & de faire attention à toutes les circonſtances, de maniere qu'il ſoit aſſuré de n'avoir rien omis. Quand il s'agit de rendre raiſon d'un phénomene, il ne ſuffit pas d'aſſigner une cauſe prochaine qui puiſſe le produire, il faut être aſſuré de ſon exiſtence indépendamment du phénomene qu'on veut expliquer; & ſi l'on remonte de cauſe en cauſe, on doit s'arrêter à la volonté du créateur de l'univers, qui eſt la premiere cauſe des phénomenes de la nature, & la derniere raiſon qu'on peut en rendre. On peut employer avec confiance les cauſes dont les ſens démontrent l'exiſtence, avec autant de clarté que celle du phénomene; il en eſt de même de celles que les ſens ne peuvent nous manifeſter, pourvu qu'on déduiſe leur exiſtence d'un phénomene, par un raiſonnement certain & évident. Mais s'il y a pluſieurs cauſes

ſuffiſantes, on ne doit pas employer l'une préférablement à l'autre, ſans une raiſon ſuffiſante. Telles ſont les principales regles qu'on doit ſuivre dans l'étude de la Phyſique; mais il eſt plus aiſé d'en ſentir l'utilité, que de les obſerver.

SECTION PREMIERE.

La Méchanique des Corps ſolides.

LA *Méchanique* eſt une ſcience qui traite du mouvement des corps & de leur équilibre. On peut la diviſer en deux parties; la premiere qu'on nomme la méchanique des corps ſolides, a pour objet le mouvement, & les phénomenes qui doivent réſulter de l'action des corps ſolides qui agiſſent les uns ſur les autres; la ſeconde conſidere l'équilibre, le mouvement, l'action & la réſiſtance des fluides; on l'appelle *hydrodynamique :* nous en parlerons dans la ſeconde ſection.

CHAPITRE PREMIER.

Du Mouvement simple & du Mouvement composé.

1. LE *mouvement* n'est autre chose que le passage d'un corps d'un lieu dans un autre : un homme se meut lorsqu'il va de Paris à la Chine, parce qu'il change de place, & qu'il ne reste pas dans le même lieu. Tout le monde comprend cela facilement. Le *lieu vrai & absolu* d'un corps, n'est autre chose que la partie de l'espace immobile & immense qu'il occupe. Le lieu relatif, est cette partie de l'espace qui est regardée comme immobile & dans laquelle on place un corps. Delà, nous devons conclure qu'il peut arriver qu'un objet change de lieu absolu sans changer de lieu relatif, & réciproquement. Un Navigateur qui dort dans un vaisseau, qu'un vent impétueux pousse vers l'Orient, change de lieu absolu avec le navire; mais il conserve son lieu relatif, par rapport aux différentes parties du vais-

ſeau reſpectivement auxquelles il demeure en repos. Mais ſi cet homme alloit vers l'Occident & vers la poupe, avec la même vîteſſe que le vaiſſeau s'avance du côté de l'Orient, de maniere qu'il ſe trouvât pendant un certain temps dans la même partie de l'eſpace, il changeroit à la vérité de place, reſpectivement à la proue & aux autres parties du vaiſſeau, par rapport auxquelles il auroit un mouvement relatif; mais il n'auroit aucun mouvement abſolu, puiſqu'il reſteroit dans la même partie de l'eſpace. Ce que nous venons de dire du mouvement, fait aſſez comprendre, *que le repos abſolu n'eſt autre choſe que le ſéjour d'un corps dans la même partie de l'eſpace*, & que le repos *relatif* conſiſte dans le ſéjour d'un corps dans un lieu relatif. Ainſi le Navigateur dont nous venons de parler, ne change pas, en dormant, de place relativement aux différentes parties du vaiſſeau par rapport auxquelles il eſt dans un repos relatif; mais lorſqu'on ſuppoſe qu'il reſte dans la même place & dans la même partie de l'eſpace, en avançant vers l'occident auſſi vîte

que le vaiſſeau ſe meut du côté de l'orient, il eſt dans un repos abſolu & dans un mouvement relatif par rapport aux différentes parties du navire.

Je ne crois pas qu'aucun homme puiſſe douter de l'exiſtence ou de la poſſibilité du mouvement. Cependant le Sophiſte Diodore propoſa autrefois une objection ſpécieuſe qui revient à ceci : ſi un corps ſe mouvoit, ou s'il ſe mouveroit dans le lieu où il eſt, ce qui ne peut être, puiſqu'alors il ne changeroit pas de place, ou dans le lieu où il n'eſt, ce qui eſt également impoſſible, parce qu'il ne peut pas agir là où il n'eſt pas; donc il ne peut pas ſe mouvoir, & le mouvement eſt impoſſible. Il eſt facile de répondre que le corps ſe meut en changeant continuellement de place & en paſſant du lieu où il eſt dans le lieu où il n'étoit pas. On dit que *Diodore* ayant fait appeller le Médecin Hiéraphile pour le guérir d'une luxation de l'humérus, celui-ci lui dit que peut-être il avoit quelqu'autre maladie; que l'humérus n'avoit pas pu changer de place; car, ajouta-t-il,

cet os ne pouvoit se mouvoir ni dans le lieu où il étoit, ni dans celui où il n'étoit pas. Le Philosophe à qui cette raillerie ne plaisoit pas, pria le Médecin d'oublier ses sophismes, & de le guérir.

2. L'espace dans lequel nagent les corps qui composent cet univers visible, n'est autre chose qu'une étendue immense sans bornes ni limites, dont les parties sont immobiles & pénétrables aux corps qui peuvent s'y mouvoir dans toute sorte de sens, vers l'orient, l'occident, le sud & le nord (1). Descartes s'étant imaginé que toute étendue est nécessairement corporelle, que tout ce qui est étendu est matériel, & réciproquement, soutenoit qu'il n'existe aucun espace pénétrable, & que le vuide est impossible. Cependant il est très-facile de se former l'idée d'un espace qui ne contient aucun corps; car nous pouvons concevoir bien facilement, que

(1) Nous avons traité fort au long de la nature de cet espace dans notre Métaphysique, à laquelle nous croyons devoir renvoyer ceux de nos Lecteurs qui voudront en savoir davantage sur cette matiere.

ſi après avoir tiré tout le vin renfermé dans un tonneau, aucune matiere ne remplit la place que la liqueur occupoit, il y aura un eſpace long, large & profond qui ne contiendra aucun corps, & nous aurons l'idée du vuide. Suppoſons que le Créateur anéantiſſe le vin renfermé dans une bouteille, & qu'il empêche qu'aucune autre matiere ne prenne la place de la liqueur détruite, ne reſtera-t-il pas un eſpace vuide dans cette bouteille? Non ſeulement le vuide eſt poſſible, il eſt encore facile de démontrer qu'il y a réellement des eſpaces vuides dans l'univers. En effet, la lumiere traverſe l'air, l'eau, les verres, les cryſtaux & les diamans avec la plus grande facilité; ce qui ſuppoſe des eſpaces vuides, à travers deſquels les rayons & les globules lumineux peuvent ſe faire jour. Si vous jettez dans une eau dormante une boule de glace, elle perdra bientôt ſon mouvement qui paſſera dans le fluide dans lequel elle ſe meut; cependant les cometes qui traverſent les eſpaces céleſtes dans toute ſorte de ſens, ſe meuvent d'occident en

orient, de l'orient à l'occident, du ſud au nord, du ſeptentrion au midi, ſans éprouver aucune réſiſtance ſenſible de la part du *milieu* ou de l'eſpace dans lequel elles font leurs révolutions; cet eſpace n'eſt donc autre choſe qu'un grand vuide, dans lequel il n'y a que les rayons de lumiere qui le traverſent ſans aucun obſtacle. C'eſt la raiſon pour laquelle les révolutions des planetes ſont ſi uniformes, tandis que les corps terreſtres qui ſe meuvent dans l'eau ou dans l'air, perdent ſi promptement leur vîteſſe par la réſiſtance que ces fluides leur oppoſent.

3. Le mouvement eſt *ſimple* lorſqu'il eſt produit par une ſeule force motrice; on le nomme *compoſé* lorſqu'il doit ſon exiſtence à l'action de pluſieurs forces. On l'appelle *uniforme* s'il reſte le même pendant un temps donné; & *variable* s'il augmente ou s'il diminue; il eſt *rectiligne* ſi le mobile parcourt une ligne droite, & *curviligne* lorſque le corps ſe meut dans une ligne courbe.

4. La *vîteſſe* eſt une propriété du mouvement, par laquelle le mobile

parcourt un certain espace dans un temps déterminé. Si un mobile que je désignerai par *a*, parcourt 12 toises d'un mouvement uniforme dans 2 minutes, tandis que le mobile *b*, ne parcourt que 6 toises dans le même temps ; il est visible que la vîtesse du premier corps sera double de celle du second. Si l'on divise l'espace 12 par le nombre 2, qui désigne les minutes employées à le parcourir, on trouvera 6 pour quotient ; & en divisant l'espace 6 par 2, on trouvera 3 ; c'est-à-dire, que la vîtesse du premier mobile étant exprimée par 6, celle du second sera désignée par 3 ; d'où l'on peut conclure *que la vîtesse d'un corps dont le mouvement est uniforme, doit s'estimer par le quotient de l'espace divisé par le temps employé à le parcourir.* Les Mathématiciens expriment cela, en disant que la vîtesse est le rapport de l'espace au temps, ou que la vîtesse est en raison directe de l'espace, & en raison inverse du temps. En multipliant la vîtesse 6 du mobile *a*, par le temps 2, l'on trouve l'espace 12 ; *ainsi l'espace est représenté par le produit de la vîtesse & du temps.*

C'eſt ce que veulent dire les Géometres lorſqu'ils aſſurent, que *l'eſpace eſt en raiſon composé de la vîteſſe & du temps.*

La *vîteſſe relative* eſt celle par laquelle un mobile s'approche d'un autre mobile. Suppoſons que le mobile s'avance vers l'orient avec une vîteſſe de 6 pieds par ſeconde ou avec 6 degrés de vîteſſe (1), & que le corps *a* le ſuive avec 12 dégrés de vîteſſe, c'eſt-à-dire, avec une vîteſſe qui lui faſſe parcourir 12 pieds dans une ſeconde; il eſt viſible qu'il ne s'approchera du mobile *b* que de 6 pieds dans une ſeconde; & ainſi la viteſſe relative du corps *a*, par rapport au mobile *b*, ne ſera que de 6 pieds par ſeconde, ou ne ſera que de 6 dégrés, quoique la vîteſſe totale ſoit de 12 degrés.

---

(1) Un degré de vîteſſe eſt une choſe arbitraire : ſi j'appelle un degré la vîteſſe d'un mobile qui parcourt une toiſe dans une heure, un autre corps qui pourra parcourir 12 toiſes dans le même temps, aura 12 degrés de vîteſſe, c'eſt-à-dire une vîteſſe 12 fois plus grande. Si je veux qu'un corps qui parcourt un pied dans une ſeconde ait un degré de vîteſſe, celui qui parcourra ſix pieds dans un temps égal, aura ſix degrés de vîteſſe.

6. La *direction* d'un corps est la ligne qu'il suit; la *masse* d'un corps est la quantité de matiere qu'il contient; son *volume* est l'expansion de ses parties ou l'espace visible qu'il occupe; un morceau de liege & un morceau d'or d'une livre, chacun ont différens volumes; mais leurs masses sont égales parce qu'ils renferment un égal nombre de parties pondérantes, & la même quantité de matiere. Supposons qu'un corps B de plomb pese une livre, & qu'il ait une vîtesse capable de lui faire parcourir 6 pieds par seconde, ou qu'il ait 6 degrés de vîtesse, tandis qu'un autre mobile *A* aussi de plomb, pesant 4 livres, a également 6 degrés de vîtesse; il est clair qu'on pourra concevoir le corps *A* comme composé de 4 autres corps égaux, chacun au corps *B*, & ayant un mouvement égal à celui de ce mobile; de maniere que le corps *A* aura quatre fois plus de mouvement que le corps *B*. Si l'on multiplie la masse *B* ou une livre (que je désignerai par 1 ou par l'unité de poids), par la vîtesse; le produit 6 fera voir que ce corps a

6 degrés de mouvement, ou qu'il a un mouvement ſix fois plus grand que ſi ayant la même maſſe, il n'avoit qu'un degré de vîteſſe; mais en multipliant la maſſe 4 du corps *A* par ſa viteſſe 6, on a 24, ce nombre quatre fois plus grand que 6, exprime le mouvement du corps *A* : ainſi l'on peut dire, que *la quantité du mouvement* (il s'agit du mouvement uniforme) *doit s'eſtimer par le produit de la maſſe & de la vîteſſe*. C'eſt ce que les Géometres entendent, lorſqu'ils diſent que *la quantité du mouvement eſt en raiſon composée de la maſſe & de la vîteſſe*. La raiſon pour laquelle il faut multiplier la maſſe par la vîteſſe afin d'avoir la quantité du mouvement, eſt bien ſimple; c'eſt que toutes les parties du mobile ayant la même vîteſſe; il faut prendre cette vîteſſe autant de fois qu'il y a de parties dans ce mobile, ou ce qui revient au même, multiplier ſa vîteſſe par ſa maſſe, ou ſa maſſe par ſa vîteſſe, car le réſultat eſt le même. Si l'on diviſe le mouvement 24 du corps *A*, par la maſſe 4, le quotient 6 exprimera ſa vîteſſe, c'eſt-à-dire, *que*

la vîteſſe d'un mobile eſt égale au quotient du mouvement diviſé par la maſſe ; mais en diviſant le mouvement 24 (que nous pouvons conſidérer comme un nombre pur,) par la vîteſſe 6 (qu'on peut auſſi conſidérer comme un nombre pur,) le quotient 4 fera connoître la maſſe du mobile *A*. Ainſi l'on peut dire : 1°. *Que les quantités de mouvement des corps, ſont entr'elles comme les produits des maſſes par leurs vîteſſes.* 2°. *Que les vîteſſes des corps, ſont comme les quotiens des mouvemens diviſés par les maſſes.* 3°. *Que leurs maſſes ſont comme les mouvemens diviſés par les vîteſſes.*

7. Les Phyſiciens ont remarqué depuis long-temps, qu'il exiſte dans les corps une force qu'ils appellent *force d'inertie*, par laquelle ils réſiſtent à leur changement d'état, de mouvement ou de repos. En effet, un corps qui en choque un autre en repos, éprouve une certaine réſiſtance de la part de celui-ci, qui lui fait perdre d'autant plus de ſon mouvement, que le corps frappé a une plus grande maſſe ; de maniere que pour mouvoir un corps de 10 livres avec

avec une certaine vîteſſe, on eſt obligé d'employer une force dix fois plus grande que ſi on vouloit mouvoir un corps d'une livre avec la même vîteſſe; ce qui fait voir *que la force d'inertie eſt proportionnelle à la maſſe qu'on veut mettre en mouvement.* Non ſeulement les corps en repos réſiſtent au mouvement qu'on veut leur communiquer, mais ceux qui ſont en mouvement ne changent jamais leur direction d'eux-mêmes, ne ralentiſſent leur vîteſſe que par quelque réſiſtance, n'augmentent leur mouvement que par l'action de quelque cauſe motrice; & ſi l'on veut anéantir une vîteſſe donnée dans un corps triple ou quadruple, on eſt obligé d'employer une force triple, ou quadruple; parce que *la force d'inertie qui s'oppoſe au changement d'état du mobile, eſt proportionnelle à la maſſe.* On pourroit prouver l'exiſtence de la force d'inertie par une foule d'expériences. Lorſqu'un corps en va frapper un autre en repos, il perd une partie de ſa force & de ſa vîteſſe. Si le mobile *A* va choquer le mobile *B*, qui ſe meut dans la même direction, mais

avec moins de vîteſſe, le premier aura après le choc moins de vîteſſe qu'auparavant, & frappera un obſtacle avec moins de force qu'il n'auroit fait. On auroit tort de penſer, que la force d'inertie eſt due à la gravité des corps; car ſi vous ſuivez avec la main une balle de laine qui tombe dans l'air, vous ſentirez de la réſiſtance & de la douleur, quoique le mouvement que vous tendez à lui communiquer ſoit dans la même direction que celui que produit la cauſe de la gravité qui pouſſe les corps vers le centre de la terre; & la douleur ſera d'autant plus grande, que le mobile aura une maſſe plus conſidérable. *En général, la force d'inertie eſt proportionnelle à la quantité du mouvement qui doit être éteint ou qui doit être produit.* Il n'y a aucune raiſon pour laquelle un corps doive changer ſon état de lui-même, puiſqu'il eſt indifférent au mouvement ou au repos. C'eſt pourquoi ſi aucune force n'agit ſur un mobile en repos, il y reſtera éternellement, & s'il eſt en mouvement, il continuera de ſe mouvoir pendant toute l'éter-

nité. Si un navire qui cingle vers l'orient avec une certaine vîteſſe, vient à s'arrêter tout-à-coup par quelque cauſe que ce ſoit, les hommes qui ſeront debout ſur le tillac tomberont, parce que le mouvement commun qu'ils avoient avec le vaiſſeau, les portera vers l'orient & les renverſera; c'eſt par une raiſon ſemblable, que ceux qui ſont aſſis ſur le derriere d'un carroſſe, ſe ſentent tranſportés vers le devant, lorſque la voiture vient à s'arrêter ſubitement. Si on met peu à peu en mouvement ſur une longue table bien unie, un vaſe plein d'eau, auquel on communiquera une certaine vîteſſe, la liqueur ne ſe répandra pas; mais ſi on arrête tout-à-coup le mouvement du vaſe, l'eau continuera de ſe mouvoir, & franchira les bords de ce vaſe. C'eſt à cette cauſe qu'on doit attribuer les douleurs, les nauſées, les vomiſſemens qu'on éprouve pendant une violente tempête, ſur-tout lorſqu'on n'eſt pas accoutumé à la mer, car les liqueurs contenues dans l'eſtomac, les inteſtins, les vaiſſeaux & les canaux du corps n'obéiſſent pas

d'abord aux mouvemens du navire; delà résulte le trouble dans le mouvement des humeurs; le mal-aise qui en est une suite (1), & les constrictions spasmodiques des fibres de l'estomac.

Cette propriété générale & commune à tous les corps, aussi-bien qu'à leurs petites molécules, par laquelle ils tendent à conserver leur état de mouvement ou de repos, démontre l'absurdité de l'opinion de ceux qui prétendent que les êtres corporels sont susceptibles de sentiment & de pensée, & que l'ame humaine est matérielle; car nous savons à n'en pouvoir douter, que notre substance pensante, raisonne, se détermine à une chose ou à une autre, qu'elle revient sur ses pas, & change ses dé-

(1) Ceux qui ne sont pas accoutumés à la mer, peuvent éviter ce mal-aise & les vomissemens par le moyen de la thériaque, qu'on peut prendre à la dose ordinaire dans un peu de vin, si l'on en a, ou sur la pointe du couteau. Ce remede arrête les constrictions des fibres de l'estomac & le vomissement. Les personnes qui éprouvent du mal-aise & le vomissement par le cahotement des voitures, peuvent aussi le prévenir en prenant le matin à jeun un peu de thériaque dans du vin.

terminaisons par une force vraiment active ; pendant que la matiere ne peut en aucune maniere passer d'elle-même & par une force qui lui soit propre, du repos au mouvement, ou du mouvement au repos : l'inertie s'y oppose. Ainsi l'être pensant, qui réside en nous, ne sauroit être matériel. Mais cette question n'est plus du ressort de la Physique, & nous l'avons traitée assez au long dans notre Métaphysique, à la quelle il doit nous être permis de renvoyer nos Lecteurs.

Selon ce que nous avons dit, un corps ne peut passer du repos au mouvement ou du mouvement au repos, sans l'action d'une force qui produise ce changement d'état; cependant si on coupe un fil qui tenoit un corps suspendu, ce corps tombe aussi-tôt vers la terre, ce qui vient de la cause de la gravité dont nous parlerons dans la suite, qui pousse tous les corps vers le centre de notre globe. Si un mobile suspendu à un fil fait des oscillations, son mouvement se ralentit & cesse peu à peu, parce que le frottement du fil contre le point de suspension, & l'air, (ce fluide

dans lequel nous vivons,) résistent à son mouvement & le détruisent. On voit dans certains cas, qu'un globe d'ivoire, après avoir avancé en ligne droite sur la table d'un jeu de billard revient sur ses pas comme de lui-même, ce qui paroît contraire à la force d'inertie. Pour comprendre la raison de ce phénomene, on n'a qu'à imaginer que le globe a reçu un mouvement de translation du côté de l'orient & en même temps un mouvement de rotation par lequel il doit tourner d'orient en occident. Lorsque le premier mouvement aura été diminué par le frottement & les aspérités de la table (1) & que sa vî-

---

(1) Si on conçoit qu'une pelote de velours soit appliquée contre une étoffe de la même espece collée sur une table sur laquelle on la fasse mouvoir, il sera facile de comprendre que le mouvement ne peut avoir lieu à moins que les parties de la pelote qui sont entrelacées avec celles de la table ne se plient ou ne soient soulevées ; ce qui occasionne un frottement qu'on ne peut vaincre sans employer une certaine force. Les surfaces, quelque polies qu'elles paroissent, sont cependant sillonnées & parsemées de cavités & d'éminences, ainsi qu'on l'a découvert par le moyen du microscope : aussi l'expérience apprend que tous les corps sont sujets au frottement ; mais nous traiterons ailleurs cette matiere.

tesse de translation sera plus petite que celle de rotation, celle-ci le fera revenir sur ses pas & changera sa direction.

8. C'est un principe très-célebre reçu parmi les Physiciens, *que la réaction est toujours égale & contraire à l'action*, ce qui signifie que dans toute action corporelle, le corps agissant, ou qu'on considere comme tel, perd autant de mouvement qu'en reçoit celui sur lequel s'exerce cette action. En effet, si le mobile *A* produit dans le corps *B* une certaine quantité de mouvement, celui-ci résistera à son changement d'état, il y aura comme une espece de combat entr'eux, & le corps *A* perdra autant de mouvement que le mobile *B* en acquerra. Si les mobiles *A* & *B* vont l'un au-devant de l'autre, le même changement de mouvement qui arrive au corps *A* aura lieu aussi dans le corps *B*, de maniere qu'ils perdront tous les deux des quantités égales de mouvement; aussi l'expérience apprend, que si deux boules d'argile se choquent en sens opposés avec des mouvemens égaux, elles restent en repos

après le choc. Si nous pressons avec le doigt le bassin d'une balance pour le tenir en équilibre avec l'autre bassin qui contient un poids d'une livre, nous éprouvons que le bassin sur lequel nous agissons, réagit contre notre doigt avec la même force que l'autre bassin tend à descendre.

L'aimant attire le fer, mais il est attiré avec la même force. Si vous placez dans un bassin rempli d'eau, un morceau de fer & un aimant sur deux morceaux égaux de liége, l'aimant & le fer iront au-devant l'un de l'autre avec une égale quantité de mouvement. Qu'un homme placé sur le rivage, tire son bateau à bord avec une corde, ou qu'étant dans le bateau il tire la même corde attachée à un arbre, il produira le même effet, c'est-à-dire, que le bateau se rapprochera également du rivage; car la réaction de l'arbre est égale à l'action de celui qui tire la corde; de maniere que cette corde ainsi tendue, tire le bateau vers l'arbre avec la même force qu'elle pousse l'arbre vers le bateau. Lorsque des chevaux tirent un bateau chargé pour le faire

remonter contre le courant de l'eau, la corde les pouſſe vers le bateau avec la même force qu'ils tirent le bateau. Si ces chevaux ont une force comme 12 & qu'ils en employent la moitié pour tendre la corde, la réaction de la corde détruira ſix degrés de force, & ces chevaux n'avanceront qu'avec la force reſtante. Si la corde vient à ſe rompre, ils s'abattront; parce que leurs corps étant alors pouſſés en avant avec 12 degrés de force, ils ne ſeront pas tenus en équilibre par la réaction de la corde qui les tiroit en arriere, & la force qui les pouſſoit en avant. Lorſqu'on met le feu à un canon, le reſſort de l'air & de la poudre enflammée, agit également ſur le boulet & ſur le canon auquel il donne un mouvement qui le fait reculer; de maniere cependant que la quantité de mouvement communiquée au boulet, eſt égale à celle du canon, quoique les vîteſſes ſoient différentes. Si le boulet peſe 10 livres & le canon avec ſon affut 100000 fois plus, la vîteſſe du boulet ſera 10000 fois plus grande que celle du canon; mais la quantité

du mouvement ſera la même de part & d'autre. Si la maſſe du canon étoit 100 millions de fois plus grande que celle du boulet, ſa vîteſſe ſeroit 100 millions de fois plus petite que celle du boulet; de ſorte qu'elle ſeroit inſenſible : elle ſeroit détruite par le frottement de l'affut ſur le terrein ſur lequel il repoſe, par la réſiſtance de l'air, & ne produiroit aucun mouvement obſervable. On peut expliquer par-là pourquoi, lorſqu'une pierre tombe ſur la terre vers laquelle elle eſt pouſſée par la force attractive de notre globe, (ainſi qu'on le comprendra aiſément, quand nous aurons développé la théorie des forces attractives & répulſives,) la terre doit aller au-devant de la pierre; mais ſa vîteſſe doit être à celle de la pierre comme la maſſe de la pierre eſt à celle de la terre; c'eſt-à-dire, ſi la pierre eſt mille millions de fois plus petite que la terre, celle-ci aura une vîteſſe mille millions de fois plus grande que notre globe, qui parcourra en allant au-devant de la pierre un eſpace mille millions de fois plus petit que la pierre. Ainſi ſi celle-ci

deſcend de la hauteur de cent pieds, le globe parcourra la mille millionieme partie de cet eſpace, ce qui eſt trop peu de choſe pour en tenir compte. Lorſqu'un homme qui ſe tient dans un bateau fait effort pour pouſſer le rivage avec une rame ou un autre inſtrument, la réaction du rivage repouſſe l'homme & le bateau vers le milieu de la riviere. Les coups de rame font avancer un vaiſſeau, *parce que la réaction de l'eau*, peut être regardée, quant à l'effet, comme une cauſe qui repouſſe les rames & communique au vaiſſeau autant de mouvement qu'elle en reçoit. Les poiſſons font avec leurs nageoires ce que le batelier fait avec ſes rames, le nageur avec ſes bras & ſes jambes, le canard & les oiſeaux aquatiques avec leurs pieds, qui ſont conformés d'une maniere propre à repouſſer un grand volume d'eau. Les oiſeaux ſe ſoutiennent & font de longs trajets dans l'air, malgré le poids de leur corps qui excede de beaucoup celui d'un égal volume du fluide dans lequel ils ſe meuvent : ſi leurs aîles frappent l'air & le pouſſent vers la terre,

B 6

ce fluide en réagissant, souleve leur corps & le soutient; si l'air est poussé vers l'occident, sa réaction pousse l'oiseau vers l'orient. Les oiseaux qui volent fort loin & long-temps, comme les hirondelles, le milan, le faucon, la plupart des oiseaux de proie & plusieurs aquatiques, ont ordinairement peu de corps & des aîles fort grandes & propres à pousser un grand volume d'air. Ceux dont le vol est fort court ou moins fréquent, ont ordinairement plus de chair & des aîles plus petites à proportion; mais ils battent plus promptement que les autres en volant; les pinçons, les chardonerets, les linotes, les moineaux, &c., volent par sauts & ne peuvent se soutenir long-temps dans la même direction: pendant qu'ils se reposent pour reprendre des forces, leur propre poids les fait descendre & leur fait perdre une partie de l'élévation acquise, de sorte que leur vol n'est qu'une suite d'élancemens. Il y a des oiseaux qui se soutiennent en l'air, sans paroître mouvoir leurs aîles, (ce qu'on appelle *planer*;) ce qui vient de ce que leurs vibrations

ſont fort promptes & ſi courtes, qu'on ne peut s'en appercevoir à une certaine diſtance; & l'on remarque que les oiſeaux qui planent, ſont obligés de temps en temps de regagner par un vol ordinaire la hauteur qu'ils ont perdue, & de repoſer, pour ainſi dire, par des mouvemens moins rapides & plus étendus, les muſcles de leurs aîles trop fatigués par des battemens courts & trop fréquens. Les oiſeaux qui s'engraiſſent beaucoup, volent fort mal, parce que la force de leurs muſcles n'augmente pas comme la peſanteur de leur corps.

Si on compare les muſcles des aîles des oiſeaux avec ceux qui font mouvoir nos bras, on comprendra que l'homme le plus robuſte, le plus adroit & le plus exercé ne pourroit mouvoir des aîles d'une grandeur proportionnée au poids de ſon corps, avec une vîteſſe capable de le ſoutenir en l'air, & qu'il n'y a que des ignorans ou des foux, qui puiſſent s'appliquer à la recherche des moyens de voler & les regarder comme poſſibles.

M. Daniel Bernouilli, dans ſon excellent Traité d'Hydrodynamique, a

proposé un nouveau genre de navigation, fondé sur le principe de l'action & de la réaction. Ce savant demande, qu'on attache fortement à la poupe d'un vaisseau un canal ouvert de deux côtés, qui soit continuellement rempli d'eau, ce qu'on peut exécuter facilement & sans beaucoup de travail, par le moyen des pompes. L'eau en coulant du canal agit sur celle de la mer, qui par une réaction continuelle poussera le vaisseau en avant, sans avoir besoin de voiles ni de rames. Le célebre Jacquier a tenté avec succès l'expérience sur un petit bateau, & ce Mathématicien pense, qu'on peut communiquer de cette maniere même à un grand navire, une vîtesse fort considérable. Si les choses sont ainsi, on pourroit employer cet artifice dans les combats de mer, pour s'approcher ou s'éloigner de l'ennemi, lorsque la mer est calme, ou que les vaisseaux sont désemparés; on pourroit aussi en faire usage pour des petits trajets, lorsque le vent manque, & que la mer est tranquille.

9. Le *mouvement composé* résulte de plusieurs forces dont les directions

ne ſont pas dans la même ligne. *Si un mobile* a (*fig.* 1) *eſt pouſſé par deux forces dont les directions & les intenſités ſoient repréſentées par les côtés* a b, a c, *d'un parallélogramme, il décrira la diagonale* a b, *dans le même temps qu'il auroit décrit l'un des côtés, s'il n'avoit reçu que l'impulſion d'une ſeule force.* En effet, ſuppoſons que la ligne *a b* repréſente un canal dans lequel le mobile *a* peut ſe mouvoir ſans éprouver aucune réſiſtance, & que le canal deſcende par un mouvement uniforme, en reſtant toujours parallele à la ligne *c d*, de maniere que le mobile *a* parcoure ce canal d'un mouvement uniforme, dans le temps que le canal emploie à parvenir en *c d*, il eſt viſible qu'alors le corps *a* ſera arrivé en *d*, extrêmité de la diagonale *a d*, & qu'il aura parcouru cette ligne dans le même temps qu'il auroit parcouru l'un ou l'autre côté *a b*, ou *a c*, s'il n'avoit reçu que l'impulſion d'une ſeule force. On peut auſſi prouver cette vérité de la maniere ſuivante : la force qui pouſſe le corps *a* ſelon *a b*, ne s'oppoſe pas au mouvement de ce

corps ſelon *a c*, & n'empêche pas qu'il ne s'approche de la ligne *c d*, de la même quantité qu'il l'auroit fait ſans la force *a b*; de même par la force qui le pouſſe ſelon *a b*, le mobile doit parvenir à la ligne *b d*, dans le même temps qu'il y ſeroit arrivé ſans l'action de la force *a c*; ainſi il doit par l'action combinée des deux forces *a c* & *a b*, atteindre en même temps les lignes *c d* & *d b*; ce qui ne peut ſe faire à moins qu'il ne parvienne au point *d* où ces lignes ſe rencontrent, & qu'il ne parcoure la diagonale *a d*, dans le même temps qu'il auroit parcouru *a b*, ou *a c*. De plus, lorſque le mobile *a* a reçu l'impulſion ſimultanée des deux forces dont on vient de parler, il doit ſuivre une ligne droite; parce qu'un corps ne peut décrire une courbe, à moins qu'il ne ſoit obligé de changer de direction, par l'action d'une force qui le détourne de ſon chemin. Mais *a* & *d* ſont deux points de la ligne que le mobile *a* parcourt; ainſi ce corps doit parcourir la ligne droite *a d*. Ajoutez à cela, que ce mobile doit par ſon inertie, obéir

&

autant qu'il eſt poſſible, aux deux forces *a b*, *a c*, ce qu'il ne peut faire qu'en parcourant la diagonale *a d*, dans le même temps qu'il auroit parcouru l'un des côtés *a b* ou *a c*.

On peut prouver encore la même propoſition par l'expérience. La machine qui eſt repréſentée par la figure ſeconde, eſt un plan vertical quarré, élevé ſur la baſe *f g* : en *m* eſt un point fixe auquel eſt attaché un fil qui paſſe ſur une poulie *b*, & qui porte à ſon extrêmité un poids *d*. La poulie *b* peut ſe mouvoir ſur deux fils de cuivre tendus parallelement de *m* en *a*, on la tire avec un autre fil qui paſſe ſur une autre poulie fixée en *a*, & lorſque la poulie va de *b* en *a*, le mobile *d* monte le long de la diagonale *d a* du quarré *a c d b*. La raiſon de ce phénomene eſt facile à comprendre; car le mobile *d* eſt pouſſé par deux puiſſances, dont une exige qu'il s'éleve de la hauteur *d b*, & l'autre qu'il s'avance en même temps d'une longueur égale à *d c* ou *b a*. En effet, le point fixe qui arrête le bout du fil en *m*, & qui occaſionne l'élévation du poids *d*, doit être re-

gardé comme une force égale à celle qui tire la poulie mobile *b* vers le point *a*; ainſi le corps *d*, doit parcourir la diagonale *d a*.

On peut remarquer ici, que ſi le mobile *a* (*fig.* 1) avoit obéi ſucceſſivement aux deux forces qui le pouſſent ſelon les directions *a b* & *a c*, il ſeroit également parvenu au point *d*. En effet, par l'action de la premiere force, il auroit d'abord parcouru *a b*, & enſuite dans un temps égal, par l'action de la ſeconde force, il auroit décrit la ligne *b d*, égale & parallele à *c a*, & ſeroit arrivé en *d*; de ſorte que ſi deux ou pluſieurs forces pouſſent un mobile, il parviendra au même point, ſoit que les forces agiſſent toutes à-la-fois, ou qu'elles aient leur effet complet, chacune ſéparément. Les lecteurs doivent faire attention à cette remarque qui eſt très-utile pour expliquer le mouvement des corps qu'on lance dans une direction oblique ou parallele à l'horizon.

Puiſque les deux côtés *a b* & *a c*, ou (parce que *a c* eſt égal à *b d*,) *a b* & *b d* pris enſemble, ſont plus grands

que *a d*, il est visible que dans le mouvement composé, il y a toujours quelque perte de mouvement. Il est encore évident, que tout mouvement simple peut être regardé comme s'il étoit composé; ainsi le mouvement selon *a d*, peut être regardé comme composé des mouvemens, selon *a b* & *a c*; de même le mouvement *a b* (*fig 3*) peut être considéré comme le résultat de deux mouvemens *a m*, *a n*; car *a b* est la diagonale du parallélogramme *a m b n*. Le mouvement *a d*, peut aussi être regardé comme résultant des mouvemens *a c* & *a b*; & ce dernier pouvant être le résultat des mouvemens *a m* & *a n*, le mouvement *a d* résultera de trois mouvemens *a m*, *a n*, *a c*; de sorte que si trois forces représentées par les lignes *a m*, *a n* & *a c*, agissent en même temps sur un mobile situé en *a*, il décrira la ligne *a d*, dans le même temps qu'il auroit parcouru l'une des trois lignes *a m*, *a n*, *a c*, si ces forces eussent agi chacune en particulier, & il parviendra au même point *d*, auquel il seroit arrivé si ces mêmes forces eussent eu

leur effet complet, chacune séparément.

Les vols qu'on imite à l'opéra, s'exécutent par un méchanisme assez semblable à celui que nous avons employé dans l'expérience rapportée ci-dessus; & afin seulement de proportionner la force des pieces aux poids qu'elles doivent soutenir, & pour cacher les cordes aux spectateurs, on les fait avec des fils de laiton déliés & flexibles.

Lorsque les poissons veulent aller d'un côté ou d'autre, ils frappent l'eau d'un coup de queue; ce fluide leur sert de point d'appui pour se tourner à droite ou à gauche. Lorsque l'animal veut se porter en avant, il donne subitement deux coups de queue & en sens contraire, & son corps prend une direction moyenne entre celle de deux impulsions. Quand les oiseaux veulent tourner & changer de direction, ils battent d'une aîle plus fréquemment ou plus fortement que de l'autre : ce dont on peut facilement se convaincre en observant les mouvemens irréguliers d'un papillon, qui n'ont pour cause

que l'irrégularité de l'action de ses aîles. On peut encore observer, que les couleuvres & les viperes se portent en avant par des mouvemens obliques & opposés les uns aux autres, comme les poissons; & l'habitude qu'ont ces reptiles de combiner ces mouvemens, leur donne beaucoup de facilité, soit pour fuir, soit pour tromper ceux qui les poursuivent, par des détours très-adroits. Les bateliers dirigent le mouvement d'un bateau qui descend une riviere, par le moyen d'un petit aviron, qu'ils font mouvoir continuellement de droite à gauche & de gauche à droite, comme la queue d'un poisson, qui nage en avant; & ces mouvemens combinés avec celui du courant, suffisent pour donner au bateau une direction convenable.

Ce que l'on jette par la portiere d'un carrosse qui roule, ou sur le bord d'une riviere, quand on est dans un bateau entraîné par le courant, n'arrive jamais à l'endroit situé dans la direction selon laquelle la main a poussé ce corps; parce que le mobile lancé est poussé par le mouvement

de la main & par le mouvement du carroſſe ou du bateau, qui eſt commun à la main ou au mobile : c'eſt pourquoi quand on ſaute d'un carroſſe ou d'un bateau en mouvement, on ne tombe pas à l'endroit qu'on a vis-à-vis de ſoi à l'inſtant qu'on s'élance ; mais ſi le bateau ou le carroſſe ſe meuvent vers l'orient avec une vîteſſe de 10 pieds par ſeconde, & qu'on s'élance de côté avec une pareille vîteſſe, on ira tomber vers l'orient à 10 pieds de diſtance de la direction latérale & de celle du bateau & du carroſſe, en décrivant la diagonale d'un quarré dont chaque côté auroit 10 pieds de longueur. Les accidens qui arrivent ſouvent dans ces ſortes de cas, viennent de ce qu'on ne prend pas toute la vîteſſe latérale qu'on croit prendre, parce qu'on prend pour point d'appui un plan qui n'eſt pas fixe & dont le mouvement occaſionne quelquefois une chûte dangereuſe & inopinée.

On peut auſſi comprendre aiſément, par les principes que nous venons d'expoſer, pourquoi lorſqu'un batelier dirige ſon bateau vers un point

du bord opposé de la riviere, il parvient à un endroit plus bas; car le mouvement du bateau est composé de celui du courant & de celui que le batelier lui communique par l'action de son aviron; ainsi le bateau doit obéir à ces deux mouvemens, & aborder plus bas que le lieu vers lequel on l'a d'abord dirigé. Les enfans lancent des noyeaux de prune & de cerise, en les pressant obliquement entre les extrêmités du pouce & de l'index. Cet effet est occasionné par les deux impulsions que produisent les doigts, d'où resulte un mouvement composé assez rapide. Si du tranchant de la main on frappe une bille de billard hors de son *équateur* (1), dont le plan est perpendiculaire au tapis sur lequel elle est posée, elle s'échappe d'abord en avant, comme le noyeau de cerise, pressé obliquement de deux côtés; mais

(1) L'équateur d'une boule est un cercle qu'on conçoit passer par son centre, dont le plan qui la partage en parties égales, est perpendiculaire sur son axe, c'est-à-dire à une ligne passant par son centre, & terminée à sa circonférence, autour de laquelle on conçoit que cette boule tourne.

après avoir un peu avancé, elle revient en roulant vers le lieu de son départ. Ce phénomene dépend de deux mouvemens; savoir, un en ligne droite, qui l'a d'abord fait avancer en avant, & l'autre de rotation, qui se fait en sens contraire du mouvement direct. Ce dernier mouvement ne se fait pas remarquer tant que la boule ne touche pas le tapis, ou qu'elle glisse dessus avec trop de vîtesse; mais quand le mouvement direct est assez ralenti par la vîtesse de l'air & le frottement, le mouvement de rotation qui se fait en sens contraire, la ramene vers le lieu de son départ.

CHAPITRE II.

Des Loix du Mouvement & du Choc des Corps.

10. Ire. Loi. *UN corps persévere dans son état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite, à moins que quelque cause motrice ne change son état.* Car un corps est indifférent au mouvement

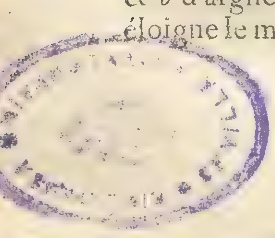
vement ou au repos; ainſi il ne peut de lui-même changer ſon état, mais il a beſoin pour cela d'une force motrice. Or la force motrice eſt ce dont le mouvement dépend.

11. IIe. LOI. *Le changement de mouvement eſt proportionné à la force imprimée, & il ſe fait dans la ligne droite, ſelon laquelle cette force eſt imprimée.* En effet, on eſtime l'intenſité d'une force imprimée par ſon effet, qui doit lui être proportionnel. D'autre côté, cet effet doit être produit dans la direction ſelon laquelle cette force exerce ſon action.

12. On peut diſtinguer trois eſpeces de corps, les *mous*, les *durs*, & les *élaſtiques*. Les premiers changent facilement de figure & ne la recouvrent pas; les ſeconds ne peuvent pas changer de figure dans le choc; les troiſiemes, c'eſt-à-dire, les élaſtiques ou les *corps à reſſort*, peuvent changer de figure par l'action d'une cauſe comprimante, mais ils la reprennent lorſque cette cauſe ceſſe d'agir : tel eſt un cercle d'acier bien trempé, qu'on peut rendre ovale en le comprimant contre un mur,

& qui redevient rond aussi-tôt qu'on le laisse à lui-même. Il n'existe dans la nature aucun corps parfaitement mou, parfaitement dur, ou parfaitement élastique; cependant l'argile molle, le marbre, l'ivoire, sont trois corps, dont le premier a presque toutes les propriétés des corps parfaitement mous; le second possede presque toutes celles des corps parfaitement durs; & le troisieme est presque parfaitement élastique; cependant le verre est encore plus élastique. Le *choc direct* duquel seul il est ici question, est celui qui se fait selon une ligne qui passe par le centre du corps choqué & du corps choquant.

13. *Si un corps non élastique va choquer un autre corps non élastique en repos, ou mu dans le même sens, mais avec moins de vîtesse, ils continueront à se mouvoir ensemble avec la même vîtesse & dans le sens du corps choquant.* C'est ce qu'on peut facilement prouver par des expériences très-aisées. En effet, si on suspend au point *f* à deux fils égaux deux petits globles *d* & *b* d'argile molle (*fig.* 4), & qu'on éloigne le mobile *b* de la verticale *f d*,



de maniere que l'arc *b d* ne ſoit que de deux ou trois degrés : ſi on laiſſe enſuite retomber le globe *b*, il choquera le corps *d* ſitué en *d*, & ces corps monteront enſuite le long de l'arc *d m* avec la même vîteſſe ; & ſi ces globes ſont égaux, ils parviendront au point *n*, & parcourront un arc *d n*, qui ne ſera que la moitié de l'arc *b d*. Si *m b* (*fig. 5*) n'eſt que de deux ou trois degrés, qu'on éloigne le globe *d* de la verticale *f m*, & qu'on porte le corps *b* en *b* ; ſi enſuite on lâche à la fois ces deux globes, le globe *b* rencontrera l'autre en *m*, parce que nous verrons en parlant des pendules, que les petits arcs d'un cercle ſont parcourus en même temps, quoiqu'ils ſoient inégaux. Le globe *b* ayant parcouru l'arc *b m*, a acquis par l'action de la gravité une vîteſſe plus grande que le corps *d*, qui n'a parcouru que l'arc *d m* ; mais après le choc du corps *b*, les deux globes montent enſemble, & avec la même vîteſſe, le long de l'arc *m n*.

On remarque auſſi que le mouvement ne ſe perd pas dans le choc ; mais il ſe partage entre le corps cho-

quant & le corps choqué d'une maniere proportionnelle aux masses. Si le corps choquant *b* (*fig.* 4 & 5) est égal au corps choqué, le mouvement après le choc sera égal dans les deux masses; si le corps choquant est double du corps choqué, son mouvement après le choc sera double de celui du corps choqué, &c.

Si on prend deux arcs *m d*, *m b*, (*fig.* 6) fort petits, & égaux ou inégaux, & que les deux globes d'argile molle se choquent en *m*, après avoir parcouru les arcs dont on vient de parler, on remarquera que lorsque les corps *b* & *d* se seront choqués en *m*, ils resteront en repos toutes les fois que leurs mouvemens seront égaux; mais si le mouvement du corps *b* (que j'appellerai ici le *corps choquant*, en donnant ce nom à celui qui a plus de mouvement que l'autre), est plus grand que celui du corps *d*, le corps choquant entraînera le choqué, & ils se mouveront ensemble avec la même vîtesse le long de l'arc *m n*; mais il ne restera dans les deux corps ensemble que l'excès du mouvement du corps cho-

quant ſur celui du corps choqué, de maniere que ſi le corps choqué avoit à l'inſtant du choc, quatre degrés de mouvement, & le corps choquant douze, il ne reſtera après le choc que huit degrés de mouvement dans les deux mobiles.

Ce que nous venons de dire paroît être une ſuite de la force d'inertie, par laquelle tous les corps réſiſtent au mouvement qu'on veut leur imprimer. En effet, (*fig.* 4 & 5) le corps choquant *b* doit agir ſur le corps choqué *d*, & lui communiquer du mouvement juſqu'à ce que celui-ci ne faſſe plus d'obſtacle au mouvement du corps *b*; or le corps *d* ne s'oppoſera nullement au mouvement du corps *b*, lorſqu'il aura acquis autant de vîteſſe qu'il en reſte dans le mobile *b*; alors le choc ceſſe, & les deux mobiles ſe meuvent dans le même ſens ſans agir l'un ſur l'autre. Mais lorſque les mobiles *b* & *d* (*fig.* 6) ſe choquent dans des directions oppoſées, ſi leurs mouvemens ſont égaux, leurs forces le ſeront auſſi, & ſe détruiront mutuellement; enſorte que les mobiles reſteront en repos après

le choc : ſi le mobile *b* a douze degrés de mouvement, le mobile *d* n'en ayant que ſix, les ſix degrés de mouvement du corps *d* ne pourront être détruits que par ſix degrés de mouvement du corps *b* ; de maniere qu'il y aura ſix degrés du mouvement anéantis dans chaque corps ; mais le mobile *b* agira ſur le corps *d* avec les ſix degrés de mouvement qui lui reſteront ; & les choſes ſe paſſeront comme ſi le corps *b* avoit choqué le corps *d* en repos, avec ſix degrés de mouvement.

Il ſuit de cette théorie, que pour trouver la vîteſſe commune des corps *b* & *d* (*fig.* 4 & 5), dont l'un va choquer l'autre en repos, ou mu dans le même ſens, *il faut diviſer le mouvement total qui ſe trouvoit dans les deux corps avant le choc, par la ſomme des maſſes de ces corps*. Car puiſque leur vîteſſe eſt la même après le choc, & que le corps choqué a acquis autant de mouvement que le choquant en a perdu, les deux maſſes doivent être conſidérées comme une ſeule qui ſeroit égale à ces deux-là, & qui auroit le même mouvement qu'elles ont en-

ſemble ; ainſi ſelon ce qu'on a dit ci-deſſus (n°. 6), la vîteſſe ſe trouvera en diviſant le mouvement total par la ſomme de deux maſſes. Si le corps *b*, peſant une once, va frapper le corps *d*, égal & en repos avec ſix degrés de vîteſſe acquis en deſcendant le long du petit arc *b d* (*fig.* 4), ſon mouvement ſera exprimé par 6, en ſuppoſant qu'une maſſe d'une once repréſente l'unité de maſſe ; & ſi l'on diviſe ce mouvement *b* par la ſomme 2 des maſſes *b* & *d*, le quotient 3 indiquera que la vîteſſe commune, après le choc, ſera de trois degrés, & par conſéquent elle ſera la moitié de celle du corps *b* : c'eſt pourquoi les deux corps *b* & *d* pourront être regardés comme une ſeule maſſe, qui décrira l'arc *d n* égal à la moitié de l'arc *d b*, dans le même temps que le mobile *b* a décrit l'arc *b d*, ou dans le même temps qu'il auroit parcouru l'arc *d m*, égal à l'arc *d b*. Si le mobile *b*, peſant une once, va frapper avec une vîteſſe comme 6 le mobile *d* de cinq onces, diviſez le mouvement 6 du corps frappant par la ſomme 6 des deux maſſes *b* & *d*, le quotient 1 vous

indiquera que la vîteſſe commune, après le choc, ſera la ſixieme partie de celle du corps *b* à l'inſtant du choc. Si le mobile *b*, peſant deux livres, va choquer au point *m* avec ſix degrés de vîteſſe le mobile *d*, peſant une livre (*fig. 5*), & ayant trois degrés de vîteſſe, dans le même ſens, vous trouverez la vîteſſe commune après le choc, en diviſant la ſomme 15 des mouvemens du corps *b* & du corps *d*, (nous prenons ici une livre pour l'unité de maſſe), par la ſomme 3 des maſſes *b* & *d*, le quotient 5 fera connoître que la vîteſſe commune après le choc, ſera de cinq degrés. Mais s'il s'agit des deux corps *b* & *d* (*fig. 6*) qui ſe choquent avec des vîteſſes oppoſées, comme après le choc, il ne reſte dans ces mobiles que l'excès du mouvement du corps choquant ſur celui du corps choqué; on diviſera cet excès par la ſomme des maſſes, & le quotient indiquera la vîteſſe commune après le choc. Si, par exemple, le mobile *b* de trois livres va frapper avec une vîteſſe 5, & par conſéquent avec un mouvement exprimé par 15 (car la quantité du mou-

vement eſt égale au produit de la maſſe par la vîteſſe), le corps *d* d'une livre qui a en ſens oppoſé une vîteſſe comme 3, & par conſéquent un mouvement comme 3, on diviſera 12 (qui eſt l'excès ou la différence du mouvement du mobile *b* ſur celui du mobile *d*), par la ſomme 4 des maſſes *b* & *d*, le quotient 3 fera voir que ces mobiles iront, après le choc, dans la direction du mouvement du mobile *b* avec une vîteſſe comme 3.

Ce qu'on vient de dire par rapport au choc des corps non élaſtiques, a également lieu pour les corps mous & pour les corps durs; mais les expériences ne peuvent pas répondre exactement au calcul, parce qu'il n'exiſte dans la nature aucun corps parfaitement mou, ou parfaitement dur, & deſtitué de tout reſſort. Si le corps choqué étoit comme infiniment grand par rapport au corps choquant, il eſt viſible que la vîteſſe communiquée par celui-ci ne pourroit être qu'inſenſible; ainſi en ſuppoſant qu'un corps d'une livre aille choquer un corps en repos de 100000000 de livres, avec une vîteſſe d'un pied par

seconde, la vîtesse commune, après le choc, sera de $\frac{1}{1000000001}$ d'un pied par seconde, vîtesse que le frottement & la résistance de l'air éteindront; de maniere qu'il n'en résultera aucun mouvement sensible. Les corps qui heurtent contre des obstacles inébranlables, obstacles qu'on peut regarder dans la pratique comme des corps d'une masse infiniment grande, se brisent, ou perdent leur figure avec plus de facilité que quand ils rencontrent des obstacles qui se mouvant dans le même sens, résistent moins à leur mouvement, & en absorbent une moindre quantité. Une chaloupe se brise contre un rocher, & elle ne périt point par le choc d'une autre chaloupe qu'elle rencontre en repos. C'est que le rocher ne cédant que très-peu au mouvement de la chaloupe, les parties de celle-ci qui commencent le choc, ont déjà perdu toute leur vîtesse, pendant que les suivantes conservent encore toute ou presque toute la leur; ainsi il se fait un changement de figure; & si le choc est assez violent, les pieces trop contraintes se rompent;

mais si la chaloupe rencontre un corps flottant qui obéisse à son impulsion, les parties qui commencent le choc ne sont point entierement arrêtées, & les autres sont peu à peu retardées comme elles ; de maniere que les pieces n'étant pas trop contraintes, ne se brisent pas.

Les Forgerons se plaignent, avec raison, lorsqu'une enclume est trop légere, ou qu'elle est placée sur un corps peu solide & flexible ; parce qu'alors le fer qu'on travaille, cédant avec son point d'appui, le coup n'a pas tout son effet, comme il l'auroit, si l'enclume, plus ferme, tenoit dans un repos parfait le fer qui la touche pendant que le marteau le frappe. On sait aussi qu'un chevreuil, un lievre tiré en flanc, est plus facilement arrêté que quand il fuit devant le coup. Une des raisons qu'on en peut donner, c'est que dans le premier cas la vîtesse respective du plomb est plus grande, & parce que l'animal se meut dans une direction qui ne peut l'éloigner que fort peu du Chasseur ; ce qui n'arrive pas lorsqu'il fuit directement devant le loup.

14. Lorsqu'on frappe un cercle d'a-

cier bien élaſtique, il devient ovale; il en eſt de même d'une cloche; & ces corps, ſi rien ne s'oppoſe, font enſuite différentes vibrations; de maniere que la partie frappée, & celle qui lui eſt directement oppoſée, s'approchent à la fois ou s'éloignent à la fois du centre; ainſi le cercle d'acier *B* (*fig.* 7), après avoir été choqué en *A* dans le ſens *A P*, prend alternativement la figure *D*, ou la figure *T*, juſqu'à ce que les vibrations devenant petites de plus en plus, ceſſent entierement.

Si le globe *A* (*fig.* 8), que je ſuppoſerai parfaitement élaſtique, va choquer le globe *B*, dont le reſſort eſt ſuppoſé parfait, ou ſi ces deux mobiles viennent à ſe choquer en ſens oppoſés, il ſe fera une compreſſion; les deux mobiles s'applatiront de la maniere à peu près qu'on le voit en *C*, plus ou moins ſelon leur nature & la force du choc. Le corps choquant (1) agira ſur le corps

(1) Si le mobile *A* a plus de vîteſſe que le mobile *B* dans le même ſens, le mobile *A* ſera le corps choquant. Dans les autres cas, le corps choquant eſt celui qui a plus de mouvement.

choqué jusqu'à ce que celui-ci ait acquis autant de vîtesse dans le même sens, qu'il en reste à l'autre ; alors le ressort agissant pour rendre à ces corps leur figure primitive, les parties voisines du point du contact s'appuieront les unes sur les autres ; & comme les forces de restitution sont égales dans ces parties, & qu'elles sont opposées, elles se détruiront ; ainsi le débandement du ressort qui a lieu en même temps dans les parties opposées du point de contact, poussera ces mobiles en sens opposés avec tout l'effort avec lequel la restitution tend à se faire, c'est-à-dire avec toute la force qui a été employée à comprimer le ressort, ou avec tout le mouvement qu'a perdu le corps choquant : d'où il suit que pour connoître la vîtesse de chaque corps, après le choc, *il suffit de chercher la vîtesse commune qu'auroient les corps s'ils étoient sans ressort ; alors si vous retranchez de cette vîtesse celle qu'a perdu le corps choquant, vous aurez la vîtesse qui lui*

S'ils ont des mouvemens égaux & opposés, on prendra pour le corps choquant celui que l'on voudra.

reste ; & si vous ajoutez à cette même vîtesse commune celle que le corps choqué a gagnée par le choc, vous trouverez celle qu'il a après le choc. On pourroit prouver facilement la justesse de cette regle, en faisant choquer des boules d'ivoire qui sont fort élastiques, de la même maniere que nous avons fait choquer ci-dessus les globes *b* & *d* (*fig.* 4, 5 & 6); mais on n'obtiendroit jamais une exactitude rigoureuse, parce que ces corps n'ont pas un ressort absolument parfait : cependant les expériences faites en petit, donneroient des résultats sensiblement conformes à notre regle.

Supposons que le mobile *A* (*fig.* 8) pesant une livre, aille choquer le mobile *B* en repos & égal, avec douze degrés de vîtesse, leur vîtesse commune après le choc seroit égale au mouvement 12 du corps choquant, divisé par la somme 2 des masses *A* & *B*, ou seroit égale à 6 ; ainsi le corps choquant auroit perdu par le choc six degrés de vîtesse, & le choqué en auroit gagné six ; de sorte que le ressort détruisant dans le corps choquant une vîtesse 6, égale à celle

qu'il a perdue dans le choc, il lui restera une vîtesse égale à zéro, ou ce qui revient au même, ce corps restera en repos : mais le ressort produisant dans le corps choqué autant de vîtesse que le choc lui en a communiqué, celui-ci aura après le choc douze degrés de vîtesse, ou une vîtesse égale à celle du corps choquant, & cela arrivera toujours toutes les fois que les deux mobiles seront égaux; de sorte qu'alors tout le mouvement du corps choquant passera dans le corps choqué. Cela nous fait comprendre que si l'on dispose plusieurs boules élastiques égales, de maniere qu'elles se touchent, & que leurs centres soient dans la même ligne, si ensuite on fait choquer la bille *b* par la bille *a* égale (*fig.* 9), tout le mouvement de celle-ci passera dans le globe *b*, qui le transmettra à son tour à la boule *c*, & ainsi de suite; de sorte que la seule boule *f*, qui est la derniere, se mouvera de *f* en *g* avec toute la vîtesse qu'avoit le mobile *a* avant le choc, & toutes les autres resteront dans la même place.

Supposons que le mobile *A*,

de trois livres, aille choquer avec huit degrés de vîtesse le mobile *B* d'une livre (*fig.* 8), qui se meut dans le même sens avec quatre degrés de vîtesse; si ces corps n'étoient pas élastiques, leur vîtesse commune, après le choc, seroit égale à la somme 28 de leurs mouvemens, divisée par la somme 4 de leurs masses, ou seroit de sept degrés; ainsi le corps choquant *A* perd un degré de vîtesse par le choc, & ce degré retranché de sept, il lui restera six degrés de vîtesse, avec lesquels il continuera à se mouvoir dans le même sens: mais le corps choqué a gagné trois degrés de vîtesse, qui étant ajoutés à sept, font voir que la vîtesse totale sera de dix degrés.

Que le corps *A*, supposé d'une livre, aille choquer avec 24 degrés de vîtesse, le corps *B* de deux livres, qui se meut dans le même sens avec trois degrés de vîtesse, selon les loix des corps non élastiques, la vîtesse commune après le choc seroit égale à la somme 30 de leurs mouvemens, divisée par 3, somme de masses, ou seroit égale à 10; ainsi le corps choqué *B* auroit gagné sept degrés de

vîteſſe, qui étant ajoutés à dix, donnent dix-ſept degrés de vîteſſe, avec leſquels il continuera de ſe mouvoir dans le même ſens : le mobile *A* a perdu quatorze degrés de vîteſſe par le choc, & par la regle, il faut retrancher ces quatorze degrés de dix degrés, ce qui paroît abſurde & impoſſible. Voici le dénouement de cette difficulté : Ces quatorze degrés de vîteſſe ſont produits par le débandement du reſſort qui repouſſe le mobile en arriere, tandis qu'il eſt pouſſé en avant avec dix degrés de mouvement ; & comme les forces oppoſées ſe détruiſent, il ſera repouſſé en arriere, & rebrouſſera ſon chemin avec quatre degrés de vîteſſe. Pour diſtinguer cette vîteſſe qui reporte ce corps en arriere, & qui eſt dans une direction oppoſée à celle qu'il avoit d'abord, on dit qu'elle eſt *négative* ; & pour la diſtinguer de l'autre, qu'on regarde comme poſitive, on lui donne la marque ou le ſigne —, en l'exprimant ainſi — 4, qui ſe prononce *moins* 4, parce que chez les Mathématiciens le ſigne — s'appelle *moins*. Cela ne déſigne autre choſe dans le cas préſent, ſinon

qu'il s'en faut de 4, que l'on ne puiſſe ôter 14 de 10, & par conſéquent que le mobile *A*, bien-loin de continuer à ſe mouvoir dans la même direction, doit reculer & rebrouſſer chemin avec quatre degrés de vîteſſe; & pour les trouver ces quatre degrés de vîteſſe, on retranche 10 de 14, & l'on donne le ſigne — au reſte 4. Si le mobile *A*, ſuppoſé de trois livres, alloit choquer avec huit degrés de vîteſſe le mobile *B* d'une livre qui ſe meut en ſens oppoſé avec quatre degrés de vîteſſe, la vîteſſe commune après le choc & dans la direction du mouvement du corps choquant, ſi ces corps n'étoient pas élaſtiques, ſeroit égale à la différence 20 des mouvemens diviſés par la ſomme 4 des maſſes, ou ſeroit égale à cinq degrés; ainſi le corps choquant perd trois degrés de vîteſſe par le choc, & ces trois degrés étant retranchés de cinq, ſa vîteſſe ſera, eu égard au reſſort, de deux degrés ſeulement : le corps choqué *B* avoit une vîteſſe négative, par rapport à celle du mobile *A*, parce qu'elle le portoit en ſens oppoſé; le choc a détruit cette vîteſſe, & a de plus pro-

duit une vîteſſe 5, & l'effet eſt le même que ſi ce mobile avoit reçu neuf degrés de vîteſſe; car il faut quatre degrés de force pour détruire la vîteſſe 4, & cinq degrés pour produire la vîteſſe 5. C'eſt pourquoi la vîteſſe acquiſe par le corps choqué doit s'eſtimer, lorſque les corps ſe choquent en ſens oppoſés, par la ſomme faite, en ajoutant à la vîteſſe que donne le choc, autant de degrés que le mobile en avoit avant le choc: ainſi dans le cas ſuppoſé, en ajoutant 9 à 5, on aura quatorze degrés de vîteſſe pour le mobile *B*. On n'aura, je penſe, aucune peine à concevoir que le mobile *B* doit avoir quatorze degrés de vîteſſe après le choc, ſi l'on fait attention avec moi que le corps choquant *A*, ayant perdu trois degrés de vîteſſe, & par conſéquent un mouvement comme 9, le reſſort des deux corps a été tendu avec une force comme 9; ainſi ce reſſort doit communiquer au mobile *B* comme 1, une vîteſſe comme 9, qui étant ajoutée à la vîteſſe 5 produite par le choc, donne une vîteſſe comme 14.

Suppoſons que le mobile *a* de huit

livres aille choquer avec 36 degrés de vîtesse le mobile *b* en repos & de quatre livres, & que celui-ci aille ensuite choquer le mobile *c* de deux livres (*fig. 10*), si ces corps n'étoient pas élastiques, la vîtesse commune des corps *a* & *b* après le choc, seroit égale au mouvement 288 du mobile *a*, divisé par la somme 12 des masses *a* & *b*, ou seroit de 24 degrés; ainsi le corps choquant perd 12 degrés de vîtesse par le choc, & le choqué en gagne 24. C'est pourquoi par notre regle, la vîtesse du mobile *a* sera de 12 degrés, & celle du mobile *b* de 48 degrés, & son mouvement qui se trouve en multipliant sa masse 4 par la vîtesse 48, sera de 192. Ce mouvement étant divisé par la somme 6 des masses *b* & *c*, donnera la vîtesse 32, qui résulteroit du choc si ces mobiles n'étoient pas élastiques. C'est pourquoi le corps choquant *b* perdra 16 degrés de vîtesse, & le corps choqué *c* en acquerra 32; ainsi selon la regle, la vîtesse du corps *b* sera de 16 degrés, & celle du mobile *c* de 64 degrés. Si le mobile *a* conservant la même masse & la même vî-

teſſe, on ſuppoſe que le mobile *b* par l'intermede duquel le mobile *a* agit ſur le corps *c*, eſt plus grand ou plus petit que nous l'avons ſuppoſé, la vîteſſe que recevra le mobile *c* ſera moindre que celle qu'on vient de trouver. *Et en général pour que le mobile* a *élaſtique communique à un autre mobile* c *auſſi élaſtique, le plus grand mouvement poſſible par le moyen d'un corps élaſtique* b, *il faut que le mobile* a *ſoit au mobile* b, *comme celui-ci eſt au mobile* c, *ou ce qui revient au même, il eſt néceſſaire que le mobile* a *contienne le mobile* b, *comme celui-ci contient le mobile* c; *enſorte que ſi le mobile* a *eſt double du mobile* b, *celui-ci doit être double du corps* c. Les Géometres expriment cela autrement, en diſant que le mobile *b* doit être *moyen proportionnel* entre les mobiles *a* & *c*.

On peut remarquer *que dans le choc des corps parfaitement élaſtiques, la vîteſſe reſpective eſt la même avant & après le choc*; c'eſt-à-dire que les corps s'éloignent dans un temps déterminé de la même quantité dont ils s'approchoient avant le choc; ainſi dans le

premier exemple, le corps choquant s'approchoit du corps choqué avec douze degrés de vîteſſe; & après le choc, celui-ci s'éloigne du premier avec la même vîteſſe. Dans le ſecond exemple la vîteſſe reſpective du mobile *A*, pour s'approcher du mobile *B*, étoit de quatre degrés. Après le choc le mobile *A* conſerve ſix degrés de vîteſſe abſolue dans le même ſens, & le corps *B* s'éloigne avec dix degrés de vîteſſe; de ſorte que ſi le premier mobile parcourt ſix pieds dans une ſeconde en allant vers l'orient, le ſecond corps en parcourra dix du même côté; ainſi il s'éloignera du premier de quatre pieds dans une ſeconde, & la vîteſſe reſpective ſera la même qu'avant le choc. Si vous multipliez dans ce même exemple la maſſe *A* de trois livres par le quarré 64 de la vîteſſe 8 (1), le produit ſera 192, qui étant ajouté à 16, produit de la maſſe *B* par le quarré de la vîteſſe 4, donnera 208. La vîteſſe du mobile *A*

(1) Le *quarré* d'un nombre eſt le produit de ce nombre multiplié par lui-même; or 8 fois 8 donnent 64.

après le choc, étant 2, dont le quarré eſt 4, le produit de la maſſe *A* par le quarré de ſa vîteſſe, ſera 12, & le produit de la maſſe *B* par le quarré de la vîteſſe 14, ou par 196 (14 fois 14 donnent 196), ſera 196; car la maſſe *B* eſt d'une livre ou eſt exprimée par 1, & une fois 196 donne 196: c'eſt pourquoi la ſomme de ces produits ſera 208, la même qui avoit lieu avant le choc; & cela arrive de même dans tous les cas, pourvu que les corps ſoient ſuppoſés parfaitement élaſtiques.

Il y a des Savans qui prétendent que la force des corps en mouvement, force qu'ils déſignent par le nom de *force vive*, pour la diſtinguer de la force qui vient de la preſſion d'un corps qui n'a pas de mouvent, comme feroit un poids placé ſur une table, qui comprime cette table, ſans cependant ſe mouvoir, doit s'eſtimer par le produit de la maſſe multipliée par le quarré de la vîteſſe; & dans ce ſyſtême il eſt viſible que la ſomme des forces vives des corps élaſtiques qui ſe choquent, eſt la même, avant & après le choc: c'eſt ce qu'on appelle

le principe de la conſervation des forces vives. Mais nous traiterons cette queſtion dans la ſuite.

Les Artiſtes qui travaillent en chambre ſur des enclumeaux, ou ſur des tas d'acier, comme les Orfevres, Horlogers, Planeurs, &c. amortiſſent les coups par un rouleau de nattes, ou choſes équivalentes, ſur quoi ils poſent le billot qui porte l'inſtrument. Si on négligeoit cette précaution, les coups de marteau cauſeroient des ébranlemens préjudiciables au plancher & à la charpente. Les remparts de brique réſiſtent mieux au canon, dont ils amortiſſent les boulets, que les murailles de grais, ou de quelqu'autre pierre dure & élaſtique. En effet, les corps à reſſort reçoivent non ſeulement le mouvement communiqué par le corps choquant comme les corps non élaſtiques, mais le reſſort, par la réaction, augmente ce même mouvement, ainſi que nous l'avons déjà obſervé : c'eſt pourquoi les murs de terre & ceux qui ſont faits d'une matiere peu élaſtique, doivent être moins ébranlés par l'artillerie que ceux qui ſont formés de matériaux durs;

durs & élaſtiques. On peut regarder la poudre qui s'enflamme entre la culaſſe & la balle ou le boulet, comme un reſſort qui ſe déploie de part & d'autre ; ſon action produit des mouvemens égaux dans les deux mobiles ; mais la vîteſſe du boulet eſt incomparablement plus grande, parce que ſa maſſe eſt fort petite en comparaiſon de celle du canon.

Nous remarquerons à cette occaſion, que ſi le canon d'un fuſil eſt trop court, la balle eſt déjà ſortie avant que l'exploſion ſoit entierement faite, & que toute la poudre ait eu le temps de produire le plus grand effet poſſible ; c'eſt une des raiſons pour leſquelles les piſtolets ne portent pas ſi loin que les fuſils. Cependant la longueur des armes à feu a ſes bornes ; & quand on les excede, on fait perdre à la balle par un frottement inutile & nuiſible une partie de la vîteſſe qu'elle auroit ſi le fuſil avoit une longueur plus convenable. Une fuſée s'éleve en l'air, parce que ſa partie inférieure venant à s'enflammer, produit l'effet d'un reſſort qui agiroit d'une part contre le

corps de la fusée, & de l'autre contre un air qui ne cédant pas aussi vîte qu'il est frappé, lui sert de point d'appui. On pourroit nous demander ici pourquoi sur le tapis d'un billard, lorsqu'une boule d'ivoire est poussée contre une autre bille en repos, la boule choquante ne reste pas immobile après le choc ; cela peut venir de deux causes ; car, 1°. les boules d'ivoire n'étant pas parfaitement élastiques, le ressort est plus foible qu'il ne faudroit pour éteindre le mouvement du corps choquant : d'autre côté la boule choquante a, outre le mouvement de translation que le choc & le ressort éteignent sensiblement presque toujours, un mouvement de rotation avec lequel elle continue la plupart du temps de se mouvoir.

Newton a remarqué que dans le choc des globes de verre, la vîtesse respective après le choc étoit d'un seizieme plus petite qu'avant le choc; ainsi dans les corps qui existent dans la nature, & qui ne sont pas parfaitement élastiques, l'imperfection du ressort empêche que les effets ne soient conformes à la regle que nous

avons établie ci-dessus. C'est pourquoi quand on veut déterminer ce qui doit résulter du choc de deux corps de même matiere, qui ne sont pas parfaitement élastiques, il faut chercher : 1°. La vîtesse commune qui auroit lieu, si ces mobiles n'avoient aucun ressort; 2°. Ajouter à cette vîtesse l'effet du ressort pour le corps choqué, & le retrancher pour le corps choquant. Si le ressort n'est que la moitié du ressort parfait, il faudra ajouter à la vîtesse commune la moitié de la vîtesse que le corps choqué a gagnée dans le choc, & retrancher de la même vîtesse commune, la moitié de celle que le corps choquant a perdue. Cependant cette théorie suppose, que les parties ne perdent pas par le choc la force de réagir; si les fibres d'un corps élastique s'allongent en se flexissant par l'action des coups de marteau, la partie du coup employé à l'allongement, ne contribue pas à la force reflexissante, non plus que les fibres qui se rompent & qui ne reprennent pas leur premiere situation : il paroît même par les expériences de Rizetti, que dans

le choc des globes homogenes, de même diametre, les défauts de vîtesse respective après le choc, sont entr'eux à peu près comme les diametres, ou comme les temps de leur rétablissement. Ainsi dans trois paires des globes de verre, dont les diametres de la premiere paire étoient comme 3, ceux de la seconde comme 2, & ceux de la troisieme comme 1; les défauts de vîtesse respective après le choc ont été à peu près comme 3, 2 & 1, ou comme les temps que les globes comprimés employoient à reprendre leur figure; *Voyez* les Commentaires de l'Institut de Bologne.

15. Lorsqu'un corps mou, sans ressort, va frapper un autre corps non élastique & en repos, celui-ci acquiert un certain mouvement, qui est l'effet du choc, & le corps choquant en perd autant que le choqué en gagne. Cela fait croire au vulgaire, que le mouvement du corps choquant passe dans le corps choqué, ce qui n'est pas vraisemblable; puisque le mouvement d'un corps, n'est autre chose que le corps

considéré comme transporté d'un lieu dans un autre, ou bien c'est une modification qui ne sauroit passer du corps choquant dans le corps choqué. Il paroît bien plus naturel de penser, que dans le choc, le créateur de l'univers détruit une partie du mouvement dans le corps choquant, & qu'il en produit dans le corps choqué autant que le choquant en perd; de maniere que le choc n'est qu'une cause occasionnelle qui détermine le grand Être à produire une certaine quantité de mouvement dans le mobile frappé. Quoi qu'il en soit de cette question, qui est plutôt du ressort de la Métaphysique que de la Physique, nous continuerons de nous exprimer comme si le mouvement étoit produit dans le corps choqué par l'action & la force du corps choquant, & qu'il passât de celui-ci dans le premier.

16. Nous ne pouvons ici nous empêcher de dire un mot de la fameuse question des *Forces vives*, si célébre parmi les Physiciens & les Mathématiciens, dont les uns prétendent avec Leibnitz, qu'on doit estimer les for-

ces d'un corps en mouvement, (qu'ils nomment *forces vives*,) par le produit de la maſſe & de la vîteſſe, tandis que les autres ſoutiennent, que les forces des corps ainſi que leur mouvement, répondent au produit de la maſſe multipliée par la ſimple vîteſſe. Lorſqu'un globe de terre molle peſant une livre, va choquer avec 5 degrés de vîteſſe, & par conſéquent avec un mouvement comme 5, un globe de la même matiere, qui ſe meut en ſens oppoſé avec une maſſe comme 5 & une vîteſſe comme 1, ou qui a un mouvement comme 5, ces corps reſtent en repos après le choc, ce qui prouve qu'ils avoient des forces égales, qui ſe ſont mutuellement détruites. Mais s'il falloit eſtimer les forces par la maſſe multipliée par le quarré de la vîteſſe, le premier globe auroit eu une force comme 25, qui ſeroit réſultée du produit de la maſſe 1, par le quarré 25 de la vîteſſe 5; ainſi ce corps auroit prévalu ſur l'autre, qui n'avoit qu'un mouvement & une force comme 5. L'expérience apprend, que toutes les fois que deux corps

non élastiques se choquent avec des mouvemens opposés égaux, ils restent en repos après le choc; ce qui n'arriveroit pas dans tous les cas, si les forces vives étoient comme le produit de la masse & de la vîtesse. Qu'on ne dise pas que dans l'exemple que nous venons de citer, l'excès de la force du mobile qui a cinq degrés de vîtesse, est employé à comprimer l'autre corps ou à se comprimer lui-même. Car lorsqu'un corps mou va frapper un autre corps mou en repos, il se fait une complanation produite par les parties postérieures du corps choqué, qui se meuvent d'abord vers les parties antérieures desquelles elles s'approchent, jusqu'à ce que toutes les parties ayent acquis la même vîtesse, tandis que les parties antérieures du corps frappant, ayant perdu une certaine quantité de mouvement dans les premiers instans du choc, vont moins vîte que les parties suivantes qui s'en approchent, ce qui cause un changement de figure qu'il est facile de remarquer. Malgré cette complanation, il ne se perd aucun mouvement; ainsi ni la force, ni le mou-

vement qui l'a produit, & auquel par conséquent elle doit être proportionnelle, ne peuvent se perdre par la complanation. D'ailleurs il est visible, que si les corps étoient parfaitement durs, les choses se passeroient de même; mais alors il n'y auroit aucune complanation.

Si un corps *A* avec une vîtesse comme 1, peut fermer un ressort *BCA*, fixé par sa partie *B* à l'obstacle immobile *Bb* (*fig.* 11), le corps *n* égal, fermera avec une vîtesse comme 2, quatre ressorts égaux au ressort *BCA*; mais il emploiera un temps double à parcourir l'espace *n b*; de sorte que dans le premier temps, il parcourra l'espace *n d*, & dans le second temps l'espace *d b*. Mais il est visible qu'il éprouvera la même résistance, que s'il avoit soutenu l'effort d'un seul ressort *BCA* ou *h m n*, pendant un temps comme 2, en empêchant le ressort de se débander, (nous supposons ici que l'action du ressort est uniforme, soit qu'il fût entierement plié ou seulement en partie); mais alors il n'auroit employé qu'une force comme 2, à vaincre cette résistance;

il n'avoit donc qu'une force comme 2, & non pas une force comme 4. De même l'on a remarqué qu'un mobile qui remonte contre l'action de la gravité, avec une vîtesse comme 1, parcourt un espace comme 1, qu'il parcourt un espace comme 4 avec une vîtesse double, un espace comme 9 avec une vîtesse comme 3, & ainsi de suite, de maniere que les espaces parcourus sont comme les quarrés des vîtesses; d'où les partisans de Leibnitz concluent, que les forces sont proportionnelles aux quarrés des vîtesses: cette conséquence ne paroît pas juste, parce que la force de la gravité qui cause la chûte des corps, qui les pousse vers le centre de la terre, & qui s'oppose à leur ascension, est une force constante qui agit en raison des temps, c'est-à-dire, qui produit des effets égaux en temps égaux, quand rien ne s'y oppose; de sorte qu'un mobile qui remonte contre l'action de la gravité, éprouve une résistance proportionnelle au temps qu'il emploie à monter. Mais si avec une vîtesse comme 1, le mobile monte à une hauteur comme 1,

par exemple, à la hauteur d'un pied dans un temps comme 1, avec une vîteſſe double, il montera à la hauteur de quatre pieds, dans un temps comme 2, & avec une vîteſſe triple il parviendra à une hauteur de neuf pieds, mais dans un temps comme 3; ainſi dans le premier cas, il aura à vaincre une réſiſtance comme 1, dans le ſecond une réſiſtance comme 2, & dans le troiſieme une réſiſtance comme 3. Les réſiſtances & les forces employées à les vaincre, ſont donc comme les vîteſſes & non pas comme les quarrés des vîteſſes.

En examinant bien cette queſtion, on eſt tenté de penſer que ce n'eſt qu'une diſpute de mots; car ſi l'on a égard au temps employé à vaincre les réſiſtances, & que l'on entende par le mot force, la ſomme des réſiſtances que peuvent ſurmonter les corps en mouvement; dans ce cas, la force répond au mouvement, & doit s'eſtimer comme lui, par le produit de la maſſe & de la ſimple vîteſſe; mais ſi par le mot force on veut entendre le nombre des reſſorts que peuvent fermer les corps en mou-

vement, ſans avoir égard ni au temps employé à les fermer, ni à la réſiſtance que ces reſſorts oppoſent, ſi l'on veut entendre l'eſpace que les corps peuvent parcourir, en remontant contre l'action de la gravité, &c.; alors la force ſera comme le nombre des obſtacles, ou comme les quarrés des vîteſſes. Pour nous qui entendons par la force d'un corps, la ſomme totale des réſiſtances néceſſaires pour épuiſer ſon mouvement, nous prendrons pour meſure des forces, le produit de la maſſe par la vîteſſe. Il n'eſt pas néceſſaire non plus de nous arrêter au principe qu'on appelle la *Conſervation des forces vives*, duquel nous avons parlé ci-deſſus, qui conſiſte en ce que dans le choc des corps à reſſort, la ſomme des produits de la maſſe par le quarré de la vîteſſe, eſt la même avant ou après le choc; car ce principe ne dépend que de l'action du reſſort, & de l'égalité entre l'action & la réaction; de ſorte que ſi les corps ne ſont pas parfaitement élaſtiques, cette conſervation des forces n'a plus lieu.

Du Choc oblique des Corps, & du Mouvement réfléchi & réfracté.

17. Supposons qu'un globe *a*, non élastique (*fig.* 12), pesant une livre, aille frapper un autre globe *b*, égal en repos & sans ressort dans la direction *a b*, & que la ligne *d b n* représente la direction de la surface frappée, de maniere que le parallélogramme *a c b d* soit un rectangle ; il est visible qu'en exprimant la force du mobile *a* par la diagonale *a b*, *c b* désignera la force qui agit sur le mobile *b* ; car par la force *a c* ou *d b*, ce mobile tendroit à parcourir la ligne *b n*, sans exercer aucune action sur le corps *b*. C'est pourquoi le choc se fera comme si la force du mobile *a* étoit représentée par *c b*. Supposons que le mobile *a* ait huit degrés de vîtesse, & que *c b* soit les trois quarts de la ligne *a b*, (qu'on peut concevoir divisée en quatre parties égales, dont chacune représente deux degrés de vîtesse), *c b* représentera six degrés de vîtesse, avec lesquels le corps *a* agira sur le mobile *b*, en le poussant selon la direction *c b f*; & parce que

ces corps ſont égaux, ſelon les regles de la communication du mouvement, le mobile *a* communiquera au mobile *b* trois degrés de vîteſſe ou une vîteſſe repréſentée par *b f* en prenant *b f* égale à la moitié de *c b*. A l'égard du mobile *a* il gardera auſſi une vîteſſe repréſentée par *b f*, & de plus la vîteſſe *a c* ou ſon égale *b n*, qui n'a ſouffert aucune diminution par le choc; de ſorte que par la compoſition des mouvemens *b f* & *b n* il décrira la diagonale *b m* du rectangle *b f m n*. Si ces corps étoient élaſtiques, il faudroit ajouter à la vîteſſe du corps choquant, celle que doit produire le reſſort. Ici, cette vîteſſe ſeroit égale à *b f*, & la vîteſſe totale du corps *b* ſeroit exprimée par *b p* égale à *c b*; c'eſt-à-dire, que le corps *b* parcourroit la ligne *b p* dans le même temps que le mobile *a* a employé à décrire la ligne *a b*. Le corps *a* ayant perdu la vîteſſe *c b*, ſe mouvroit le long de la ligne *b n*, égale à *a c*, & la parcourroit dans un temps égal à celui dont il a eu beſoin pour parvenir de *a* en *b*. Il ſera maintenant facile à ceux qui auront bien compris ce qui

précede, de déterminer les effets du choc oblique des corps à ressort ou sans ressort, & la vîtesse qu'ils doivent avoir dans tous les cas.

18. Si le mobile *a* va frapper le plan immobile *b c*, (plan qu'on peut aussi considérer comme un corps infiniment plus grand que le corps *a*,) avec une force & dans une direction représentée par *a c* diagonale du rectangle *a b c d* (*fig.* 13), il agira sur cet obstacle avec la seule force représentée par *a b* qu'il perdra ; de sorte qu'il ne lui restera que la force *a d* ou *b c*, avec laquelle il glissera le long de *c m*. Mais si ce mobile est élastique, la réaction du ressort comprimé par le choc, lui rendra la force perdue, & le repoussera selon la ligne *c d* (*fig.* 14), tandis que la force *a d* ou *b c*, ou son égale *c m*, le poussera dans la direction *c m*; de sorte qu'il sera forcé de décrire la ligne *c n*, qui s'écarte autant de la ligne *d c*, perpendiculaire à la surface réfléchissante *b m*, que la ligne *c a*; d'où il arrive que les angles *a c d*, *d c n* sont égaux entr'eux aussi bien que les angles *a c b*, *n c m*. Le premier angle *a c d* est ap-

pellé par les Géometres *l'angle d'incidence*, & le ſecond *d c n*, *l'angle de réflexion; de ſorte que ſi un corps élaſtique, va choquer un plan immobile & élaſtique, ou bien parfaitement dur, l'angle de réflexion ſera toujours égal à celui d'incidence.*

Lorſque le plan eſt ſuppoſé parfaitement dur, la partie choquante du corps *a* en ſe rétabliſſant, frappe de nouveau le plan, qui abſorbe & détruit le mouvement que produiroit le reſſort; mais le reſſort de la partie oppoſée produit tout ſon effet.

Si le reſſort eſt imparfait, s'il ne rend pas toute la vîteſſe perpendiculaire *a b* ou *d c*, s'il n'en rend qu'une partie exprimée par *c t* ou *m n* (*fig.* 15), alors le mobile ſe réfléchira ſelon la ligne *c n*, & l'angle *t c n* de réflexion ſera plus grand que l'angle d'incidence *a c d*.

19. Ceci nous fait comprendre pourquoi dans un combat naval, les boulets de canon ſe réfléchiſſent ſouvent, ſe relevent après avoir touché la ſurface de la mer, & vont frapper le vaiſſeau oppoſé; car l'eau oppoſe un obſtacle qui réſiſte avec beaucoup

de violence lorſque la vîteſſe du corps frappant eſt conſidérable ; ainſi le reſſort peut relever le boulet, & le réfléchir à la maniere d'un plan ſolide. Ceux qui tirent dans l'eau ſous un angle fort petit, doivent prendre garde s'il y a quelque perſonne ſur le rivage oppoſé, ſitué dans le plan de la direction du coup ; car ils courroient riſque que le plomb en ſe relevant, la bleſsât ou la tuât. Un jeu d'enfant connu ſous le nom de *Ricochet*, nous offre de ſemblables réflexions, occaſionnées par la réſiſtance de l'eau. Une pierre un peu tranchante par les bords, un peu plus épaiſſe vers le milieu, lancée fort obliquement contre la ſurface de l'eau, ſe releve, & ſi elle a aſſez de mouvement lorſque ſon propre poids la fait retomber de nouveau dans une direction fort oblique, il ſe fait une nouvelle réflexion qui ſe réitere ſouvent quatre ou cinq fois.

Lorſqu'un boulet de canon tiré dans une direction horizontale, ou preſque horizontale, vient à toucher terre, il rebondit à pluſieurs repriſes & laiſſe des traces aſſez longues, mais peu profondes ; cela vient de

ce que ſa vîteſſe *verticale*, ou perpendiculaire à l'horizon, eſt fort petite par rapport à la vîteſſe horizontale ; ainſi il doit parcourir une grande longueur pendant qu'il deſcend à une petite profondeur. Lorſqu'il eſt arrivé au point le plus bas de cette profondeur, la force du reſſort lui rend ſon mouvement perpendiculaire, du moins en partie, le mobile ſe releve par degrés, ſort entiérement de la terre, & ſe meut ou circulairement ou en l'air, ſelon le mouvement qui lui reſte. Ces ſortes de ricochets ſont fort dangereux, & dans les ſiéges ils incommodent beaucoup ceux qui défendent la place.

Le jeu de la paume & celui du billard, ſont preſque entiérement fondés ſur l'égalité de l'angle, de réflexion & d'incidence, égalité qui n'a pas cependant exactement lieu dans la nature, parce qu'il n'exiſte aucun corps dont le reſſort ſoit abſolument parfait : dans l'un, c'eſt un plan qu'on oppoſe au mobile, ſous différens degrés d'inclinaiſon : dans l'autre, on pouſſe un corps ſphérique contre un plan, ſelon une di-

rection plus ou moins oblique ; & la principale chose consiste à bien juger du mouvement réfléchi, & cela par le moyen de l'angle d'incidence.

20. Si un globe *N* de *plomb* (*fig.* 16) passe de l'air dans l'eau, par exemple, en suivant une direction perpendiculaire à la surface de l'eau, il est visible qu'en entrant dans ce nouveau milieu *A B* (1), il continuera de suivre la même direction; car il n'y a aucune cause qui puisse l'écarter de la ligne *N m p*. Mais si le globe *M* va rencontrer la surface *n t* de l'eau dans une direction oblique *M m*, il ne pourra continuer son mouvement en suivant la ligne *MP*; parce qu'à l'instant que le mobile choque l'eau, son ressort réagit contre la direction perpendiculaire, tandis que par sa direction parallele, il fait effort pour glisser sur la surface *t n* du liquide; ainsi la vîtesse perpendiculaire diminuant, le mobile prendra une direction *m T*, qui s'écartera plus

---

(1) On entend par *milieu* tout espace dans lequel un corps peut se mouvoir.

de la perpendiculaire *N p*, que la ligne *P m*. Ou bien encore l'on peut concevoir le mobile comme partagé en deux parties égales, dont l'une, *ſ t m*, choque pendant le temps de l'immerſion, un milieu composé en partie d'air & en partie d'eau, tandis que l'autre *ſ b m*, ſe meut dans un milieu aérien qui réſiſte moins; d'où pluſieurs Phyſiciens concluent, qu'elle doit entraîner l'autre partie & faire décrire au centre une ligne qui s'écarte de la perpendiculaire *N p* plus que la ligne *M P*. Au contraire, ſi le mobile venoit de *T* vers *h*, c'eſt-à-dire, s'il paſſoit de l'eau dans l'air, ou d'un milieu plus denſe dans un plus rare, pendant le temps de l'émerſion, la partie *m b ſ* qui choqueroit l'air, trouvant moins de réſiſtance que l'hémiſphere *m t ſ*, qui rencontreroit un milieu en partie d'air & en partie d'eau, perdroit moins de ſon mouvement, & changeroit la direction du centre du mobile, de maniere que ce point décriroit une ligne *m M*, qui s'écarteroit moins de la perpendiculaire *N p*, que la ligne *T h*. Mais quoi qu'il en ſoit de ce raiſon-

nement des Phyſiciens, il eſt certain que les corps, en paſſant d'un milieu plus rare dans un plus denſe, changent de direction, (ce changement eſt appellé *réfraction*,) & ſe réfractent en s'approchant de la perpendiculaire menée à la ſurface du milieu réfringent par le point où le centre de ces corps arrive à cette ſurface, tandis qu'ils s'éloignent de la perpendiculaire, lorſqu'ils paſſent d'un milieu plus denſe dans un milieu plus rare.

Il paroît auſſi que le mobile *C M* (*fig.* 17), arrivé au point *p*, où il commence à rencontrer la ſurface de l'eau, trouve une certaine réſiſtance dans une direction perpendiculaire à cette ſurface, réſiſtance qui augmente peu à peu à proportion que la partie plongée devient plus grande; ce qui fait que le mouvement parallele à la ſurface du milieu réfringent, écarte de plus en plus le centre *m* du globe de la direction *M P*, & lui fait décrire une petite courbe *m t*. Mais auſſitôt que le globe eſt entierement plongé dans l'eau, il décrit la ligne *t T*, tangente de la courbe *t m*. Mais ſi la

résistance du fluide est assez grande pour rendre au mobile une certaine quantité de mouvement perpendiculaire, alors il se réfléchira en décrivant la ligne *p n P* (*fig.* 18); & son centre étant arrivé au point *P*, fera effort pour se mouvoir dans la ligne *P N*, tangente de la courbe *P n p*; si le ressort est parfait, les lignes *M p*, *N P* étant prolongées jusqu'à la perpendiculaire *T b*, formeront des angles égaux avec cette ligne. Il arrive quelque chose de semblable, lorsqu'un mobile élastique se refléchit à la rencontre d'un plan immobile; mais ces lignes courbes dont nous n'avons pas fait mention en parlant du choc oblique des corps, sont trop petites pour être observées. D'ailleurs elles n'empêchent pas, que dans les mobiles parfaitement élastiques, qui choqueroient obliquement un plan immobile, parfaitement élastique, l'angle de réflexion ne fût égal du moins sensiblement à celui d'incidence.

21. Ce que nous venons de dire, peut être utile à ceux qui veulent tuer du poisson à coups de fusils;

car ſi un poiſſon eſt ſuppoſé ſitué en *P* (*fig.* 17), & qu'on tire dans la direction *MP*, comme le plomb ſe réfractera & qu'il ſuivra dans l'eau la direction *t T*, on manquera le poiſſon; c'eſt pourquoi il faut tirer plus bas, afin que la balle parvienne en *P*, où ſe trouve le poiſſon. Ajoutez à cela que la réfraction de la lumiere ne ſuivant pas les loix dont on vient de parler, ainſi que nous le ferons voir dans l'optique, fait paroître le poiſſon plus près de la ſurface de l'eau qu'il ne l'eſt réellement; enſorte que par rapport à cette ſeconde cauſe, il eſt encore plus néceſſaire de diriger le coup plus bas, ſi l'on ne veut tirer inutilement.

La réfraction a lieu non ſeulement dans les milieux fluides, mais encore dans les corps ſolides, lorſque le mobile qui paſſe à travers, y rencontre obliquement des couches plus réſiſtantes les unes que les autres. Il arrive aſſez ſouvent que, lorſqu'on veut percer une planche avec un poinçon mince & flexible, le fer ſe courbe, & ne ſuit pas la direction qu'on veut lui faire prendre; parce

que ſa pointe rencontre obliquement des parties plus dures les unes que les autres, comme il eſt facile de l'obſerver dans le ſapin, où il ſe fait ſouvent de ſemblables réfractions; car il eſt aſſez difficile d'y chaſſer un clou ſelon ſon gré, ſur-tout lorſqu'il eſt mince & d'une certaine longueur.

CHAPITRE III.

Des Mouvemens accélérés & retardés; & du Centre de gravité.

22. L'EXPÉRIENCE apprend, que les corps qui obéiſſent librement à la cauſe de la gravité qui les pouſſe vers le centre de la terre, acquierent des vîteſſes égales en temps égaux; de maniere qu'un corps qui tomberoit dans un milieu qui ne lui opposeroit aucune réſiſtance, & qui dans le premier inſtant de ſa chûte, (inſtant que nous ſuppoſons ici d'une certaine durée), acquerroit aſſez de vîteſſe pour parcourir un pied dans

un temps égal, auroit à la fin du ſecond inſtant une vîteſſe double, à la fin du troiſieme une vîteſſe comme trois, à la fin du quatrieme une vîteſſe comme quatre, &c. Ainſi les vîteſſes que communique la cauſe de la gravité quand rien ne s'y oppoſe, ſont comme les temps pendant leſquels elle agit. La raiſon en eſt, que cette cauſe pourſuit toujours le mobile & agit continuellement ſur lui & de la même maniere, quelle que ſoit ſa vîteſſe actuelle.

Suppoſons que la ligne *a B* (*fig.* 19), repréſente un temps diviſé en ſix parties égales ou en ſix inſtans égaux; ſi dans l'inſtant repréſenté par *a b*, l'action de la cauſe de la gravité communique au mobile *a* une vîteſſe exprimée par une ligne fort petite *b p*, perpendiculaire à la ligne *a B*, à la fin du ſecond inſtant, la vîteſſe ſera exprimée par la ligne *d h*, double de *b p*, & ainſi de ſuite. Maintenant ſi nous concevons que les inſtans ſont infiniment petits, & en nombre infini, qu'ils ſont repréſentés par une largeur infiniment petite, qu'il faut ſuppoſer aux lignes *b p*, *d h*, &c.

les eſpaces parcourus par les vîteſſes *bp*, *dh*, &c. & correſpondans à ces vîteſſes, pourront être repréſentés par les lignes *bp*, *dh*, &c. qui rempliſſent l'aire du triangle *a B D*. En effet, lorſque le mouvement eſt uniforme l'eſpace eſt comme le temps multiplié par la vîteſſe (n° 4); ainſi, en ſuppoſant que la vîteſſe *dh* reſte uniforme pendant l'inſtant infiniment petit *dn*, le parallélogramme *dnmh*, qui eſt le produit de la baſe *mn* par le temps *dn*, repréſentera l'eſpace que le mobile décrit pendant la durée de l'inſtant *dn*, & ſi la largeur de la ligne *dh*, eſt infiniment petite, ou ſi le point *n* eſt infiniment proche du point *d*, l'eſpace parcouru ſera repréſenté par la ligne *dn*; car le triangle *mht*, qui exprime l'eſpace parcouru par l'action de la gravité, pendant la durée de l'inſtant *dn*, peut alors être regardé comme nul, relativement à celui qui eſt repréſenté par la ligne *dh*. Si à la fin du temps *a B*, le mobile *a* continuoit à ſe mouvoir avec la vîteſſe *B D*, qu'il vient d'acquérir, pendant un temps *B C*, égal à *aB*, il eſt viſible qu'il parcourroit un eſ-

pace dont on trouveroit la valeur en prenant la ligne ou longueur *B D*, autant de fois que sa largeur est contenue dans la ligne *B C*, c'est-à-dire, en multipliant la vîtesse par le temps: ainsi cet espace seroit représenté par le rectangle *B C f D*, égal au rectangle *a B D A*, dont le triangle *a B D*, qui représente l'espace parcouru par l'action de la gravité pendant le temps *a B*, n'est que la moitié; ainsi l'on peut dire que *l'espace parcouru par un mobile qui obéit librement pendant un temps donné à l'action de la gravité, est la moitié de celui qu'il parcourroit dans un temps égal, s'il continuoit à se mouvoir avec la vîtesse qu'il a acquise à la fin du premier temps.*

L'expérience apprend qu'un corps qui tombe librement par l'action de la gravité, parcourt environ 15 pieds dans la premiere seconde de sa chûte, le triple ou 45 pieds dans la seconde seconde, cinq fois 15 pieds ou 75 pieds dans la troisieme seconde, & ainsi de suite; de maniere que les espaces parcourus à chaque instant, sont comme les nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, 11, &c. Mais si

l'on joint enſemble l'eſpace 3, parcouru dans le ſecond inſtant, avec l'eſpace 1, qui a été parcouru pendant le premier, la ſomme ſera 4, quarré de 2, & l'eſpace parcouru pendant 3 inſtans, ſera repréſenté par 9, quarré de 3, & ainſi de ſuite, tandis que l'eſpace parcouru pendant le premier inſtant, eſt exprimé par 1, quarré de 1; d'où *l'on peut conclure, que les corps qui obéiſſent librement à l'action de la gravité, parcourent des eſpaces proportionels aux quarrés des temps.*

C'eſt auſſi ce que l'on peut prouver d'une autre maniere : car ſi nous ſuppoſons que le mobile *a* (*fig.* 20) ſe meut pendant un temps *a f* diviſé en quatre inſtans égaux, le triangle *a b B* pourra repréſenter l'eſpace parcouru dans le premier temps, le triangle *a c C*, (qui contient quatre triangles égaux, chacun au triangle *a b B*), l'eſpace parcouru dans les deux premiers temps, le triangle *a d D*, (qui renferme 9 triangles égaux au triangle *a b B*), l'eſpace parcouru dans un temps comme trois, & enfin le triangle *a f h*, (qui eſt 16 fois plus grand que le triangle *a b B*), repré-

ſentera l'eſpace parcouru dans un temps comme 4. Mais 1, 4, 9, 16, ſont comme les quarrés des temps; ainſi les eſpaces parcourus par un mouvement uniformément accéléré, repondent aux quarrés des temps employés à les parcourir. Si un mobile qui eſt tombé par l'action de la gravité pendant un temps comme 3, & qui a acquis une vîteſſe comme 5, remonte avec cette même vîteſſe contre l'action de la gravité, il parcourra dans le premier inſtant un eſpace comme 5, dans le ſecond un eſpace comme 3, & dans le troiſieme un eſpace comme 1; parce que la gravité diminue la vîteſſe de ce corps, de la même maniere qu'elle l'a accéléré lorſqu'il tomboit. *C'eſt la raiſon pour laquelle les corps qui remontent contre l'action de la gravité, parcourent des eſpaces qui ſuivent la loi de la progreſſion des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, &c, pris dans un ordre rétrograde. Et ſi deux mobiles remontent contre l'action de la gravité, juſqu'à ce qu'ils aient perdu tout leur mouvement, les eſpaces qu'ils parcourront, ſeront comme les quarrés des temps employés à les*

parcourrir : de maniere que si la vîtesse du mobile *A* est comme 3, & celle du mobile *B* comme 2, l'espace parcouru par le premier corps, sera à l'espace parcouru par le second, comme 9 est à 4.

23. Un mobile *a* qui descendroit le long d'un plan, incline *fn* (*fig.* 21) supposé sans aspérités, & auquel l'air ne feroit aucun obstacle, accéleroit son mouvement de maniere, que les vîtesses acquises répondroient aux temps employés à les acquérir, que les espaces parcourus à chaque instant, suivroient la loi des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, &c; & que ces mêmes espaces comptés depuis le commencement du mouvement, feroient comme les quarrés des temps employés à les parcourir. C'est ce que l'expérience apprend, lorsque le plan *fn* n'est pas d'une certaine longueur, parce qu'alors la résistance du frottement & celle de l'air ne dérangent point sensiblement la loi dont on vient de parler. Et la raison pour laquelle les choses doivent se passer ainsi, c'est que la force qui oblige le mobile à descendre le

long du plan $f\,n$, eſt conſtante, c'eſt-à-dire, eſt la même en quelque point *b* du plan que ſe trouve ce corps; ainſi le mouvement qu'elle produit, doit ſuivre la même loi que celui que communique l'action de la gravité à un mobile qui deſcend le long d'une ligne verticale ou perpendiculaire à l'horizon. Concevez que la ligne verticale $a\,p$ exprime la force totale avec laquelle la cauſe de la gravité pouſſe le mobile *a* vers l'horizon $m\,n$, & faites le rectangle $a\,b\,p\,c$, dont le côté $a\,b$ ſoit perpendiculaire au plan $f\,n$; il eſt viſible qu'ayant décompoſé la force $a\,p$ en deux autres forces $a\,b$ & $a\,c$, la premiere ſera détruite par la réſiſtance du plan incliné, & que la force $a\,c$ parallele au même plan, & égale à $b\,p$, repréſentera celle qui fait deſcendre le mobile; mais cette force eſt la même dans tous les points du plan incliné $f\,n$: ainſi elle doit produire les effets dont on vient de parler. Il eſt évident encore que s'il s'agit de deux plans également inclinés à l'horizon, la force relative qui pouſſeroit les corps paralellement à ces plans, ſeroit

la même, & les quarrés des temps employés à les parcourir, seroient comme leurs longueurs. Si on se donnoit la peine de mesurer les angles du triangle *f m n* & ceux du triangle *a b p*, on les trouveroit égaux, c'est-à-dire, on verroit que l'angle *b* est égal à l'angle *m*, que l'angle *b a p* est égal à l'angle *f*, & que l'angle *b p a* est égal à l'angle *n*; de maniere que ces triangles sont semblables, l'un étant en grand ce que l'autre est en petit. *C'est pourquoi la force effective* b p, *qui fait descendre le mobile le long du plan incliné, est à la force absolue* a p, *qui pousseroit ce mobile ou un autre qui lui seroit égal, le long du plan vertical* f m, *comme* f m *est à* f n, *ou comme la hauteur du plan incliné est à sa longueur.* On doit faire attention à cette propriété du plan incliné.

24. Lorsque les chûtes sont petites, les choses se passent de la maniere que l'enseigne la théorie; mais si les corps descendent d'une certaine hauteur, la résistance du milieu ou d'autres obstacles retardent considérablement la vîtesse des corps qui tom-

bent. Par les expériences de Desaguilliers, on voit qu'une boule de carton de 5 pouces de diametre, employa 6 secondes & demie pour tomber de la hauteur de 272 pieds, tandis qu'une bale de plomb n'employa que 4 secondes & un quart à parcourir cet espace; ce qui vient de ce que la boule de carton, plus grosse que la balle de plomb, perdoit une plus grande partie de son mouvement par la résistance de l'air. C'est par la même raison que les flocons de neige tombent moins vîte que les gouttes de pluie & les grains de grêle, qui sont plus pesans, sous un égal volume. Mais nous traiterons ailleurs de la résistance des fluides.

25. Si l'on mene la ligne mt, perpendiculaire sur fn, & qu'on mesure les angles du triangle fmt, on trouvera qu'ils sont égaux à ceux du triangle fmn, chacun à chacun; ainsi le premier triangle est semblable au second, l'un étant en petit ce que l'autre est en grand, de sorte qu'il y a le même rapport entre ft & fm qu'entre fm & fn, ou entre ba & ap, de maniere que si fn est double de

$f\,m$, $f\,m$ ſera double de $f\,t$, & $a\,p$ ſera double de $b\,p$; & alors la force $b\,p$ étant la moitié de la force abſolue $a\,p$, qui repréſente celle qui pouſſeroit le mobile le long du plan vertical $f\,m$, l'eſpace $f\,t$, moitié de $f\,m$, ſera parcouru par l'action de la premiere force dans le même temps que $f\,m$ le ſeroit par l'action de la ſeconde force. *C'eſt-à-dire, que ſi de l'extrêmité* m, *de la hauteur* f m *d'un plan incliné* f n, *on mene une perpendiculaire à ce plan incliné, la partie de ce plan compriſe entre la perpendiculaire & le ſommet, ſera parcourue dans le même temps que le mobile parcouroit ſa hauteur.* L'expérienc eſt conforme à cette théorie.

26. Il ſuit delà, que ſi l'on mene les cordes $f\,t$, $f\,T$ (*fig.* 22), & que du ſommet du diametre vertical $f\,m$, (c'eſt-à-dire, perpendiculaire à l'horizon $a\,b$), on tire les cordes $m\,t$, $m\,T$, (qui ſeront néceſſairement perpendiculaires aux lignes $f\,t$, $f\,T$, car en meſurant les angles $f\,t\,m$, $f\,T\,m$, on trouvera qu'ils ſont droits), les lignes $f\,B$, $f\,b$ repréſenteront des plans inclinés, dont les parties $f\,t$, $f\,T$, doivent être par-

courues par un mobile *f*, dans le même temps que ce mobile parcouroit la hauteur *fm* de ces plans. Si l'on tire les cordes *mn*, *mp*, égales respectivement aux cordes *ft*, *fT*, il est visible qu'elles auront la même inclinaison par rapport à l'horizon *aB*, & qu'ainsi elles seront parcourues dans le même temps que *ft* & *fT*, ou dans le même temps que *fm*; c'est-à-dire, que toutes les cordes d'un cercle menées par les extrêmités d'un diametre vertical, sont parcourues en temps égaux, & dans le même temps que le diametre, c'est aussi une vérité que l'expérience confirme.

27. Supposons que *ac* ou *bp* (*fig.* 21) soit la moitié de *ap*, & que *fm* soit aussi la moitié de *fn*, alors la force respective qui fait descendre le mobile le long du plan incliné, sera la moitié de la force absolue & totale qui le pousseroit le long du plan vertical *fm*; c'est pourquoi si cette seconde force peut faire parcourir le plan *fm*, (que je suppose de 2 pieds de longueur, en supposant le plan *fn* de 4 pieds), dans un certain temps, la force respective *bp* ou *ac* ne pourra

faire parcourir qu'un pied dans le même temps, & ſelon ce que nous avons dit ci-deſſus, le mobile parcourra 3 pieds dans le ſecond inſtant égal au premier ; ainſi il parcourra 4 pieds ou *fn*, dans un temps comme 2, ou dans un temps qui ſera à celui qu'il emploieroit à parcourir *fm*, comme *fn* eſt à *fm*, & cela arrivera de même dans tous les cas. *L'on peut conclure delà, que le temps employé à parcourir un plan incliné, eſt au temps qu'un mobile mettroit à parcourir ſa hauteur, comme la longueur du plan incliné eſt à ſa hauteur.* D'un autre côté, la force reſpective *a c* ou *b p*, ayant agi ſur le mobile pendant deux inſtans, lui aura communiqué à chacun de ces inſtans une vîteſſe proportionnelle à ſon intenſité, qui n'eſt que la moitié de celle de la force abſolue repréſentée par *a p*; par conſéquent cette vîteſſe étant répétée deux fois, ſera égale à celle que le mobile auroit acquiſe en deſcendant le long de *f m*; *& il arrivera toujours qu'à la fin d'un plan incliné, la vîteſſe ſera la même qu'à la fin de la hauteur de ce plan;* parce que ſi la force qui

fait descendre le mobile le long du plan incliné, est plus foible que celle qui le pousseroit le long de la hauteur de ce plan, d'un autre côté, elle agit d'autant plus long-temps, ce qui fait qu'elle produit la même vîtesse.

La gravité n'est pas la même partout, comme nous le dirons dans la suite, & son action diminue lorsqu'on s'éloigne de la surface de la terre. Supposons qu'un mobile qui pese ici 4 livres, soit transporté à une distance de la surface de notre globe telle qu'il n'y pese qu'une livre, l'action de la gravité étant alors quatre fois plus petite, ce corps en vertu de cette action ne parcourra qu'un pied dans le temps qu'un autre corps situé près de la surface de la terre parcourra 4 pieds. Mais selon ce que nous avons dit ci-dessus, il parcourra 3 pieds dans le second instant de sa chûte égal au premier; de sorte qu'il emploiera un temps comme 2, à parcourir un espace comme 4. S'il étoit transporté à une distance où l'action de la gravité fût 9 fois plus petite qu'à la surface de la terre, il em-

ploieroit un temps comme 3 à parcourir 9 pieds : car il parcourroit un pied dans un inſtant égal à celui que les graves emploient à deſcendre de la hauteur de 9 pieds auprès de la ſurface de la terre ; dans le ſecond inſtant il parcourroit 3 pieds, & 5 dans le troiſieme inſtant. *De maniere que les eſpaces ſeroient comme les racines des forces de la peſanteur, ou comme les racines des forces accélératrices.* La même choſe auroit évidemment lieu, ſi un mobile devoit parcourir un plan incliné (*fig.* 21), parce que ſi la force abſolue repréſentée par *a p*, devient le quart de ce qu'elle eſt à la ſurface de notre globe; la force reſpective repréſentée par *a c* ou *b p*, deviendra auſſi 4 fois plus petite, & le temps employé à parcourir le même eſpace par l'action de cette force, ſera au temps employé par l'action qui pouſſe un corps ſitué auprès de la ſurface de la terre, comme la racine quarrée de cette ſeconde force eſt à la racine quarrée de la premiere ; ce qui veut dire que ſi la premiere force eſt 9 fois plus petite que la ſeconde, ou ce qui revient

au même, si l'on représente la premiere force par 1, & la seconde par 9, le temps qu'un corps agité par la premiere force mettra à parcourir un espace donné sur un plan incliné ou vertical, sera au temps qu'il emploieroit à parcourir le même espace par l'action de la seconde force, comme la racine 3 de la seconde force est à 1, racine de la premiere force; car 1 est la racine quarrée de 1 : c'est ce qu'un Géometre exprimeroit en disant : *Que les temps des chûtes le long d'un plan incliné ou vertical, est en raison inverse de la racine de la force accélératrice qui maîtrise le mobile :* ce qui veut dire que lorsque la force accélératrice devient 4 fois plus petite, le temps nécessaire pour parcourir le même espace devient 2 fois plus grand, qu'il devient 3 fois plus grand, lorsque la force devient 9 fois plus petite, 4 fois plus grand si la force devient 16 fois plus foible, &c.

Lorsqu'on veut faire rouler un corps très-pesant, pour l'élever à une certaine hauteur, on prefere souvent de le faire monter par un plan incliné qui le soutient en partie, &

qui fait qu'on peut employer moins de force que si on vouloit l'élever verticalement; mais aussi l'on a besoin de plus de temps; de sorte que l'on perd du côté de la vîtesse, ce que l'on gagne du côté de la facilité.

28. *Le centre de gravité ou le centre d'équilibre d'un corps est un point par lequel si on suspend ce corps, il restera en repos.* Supposons deux globes *A* & *B* (*fig.* 23), tels que le premier pese deux fois plus que le second. Concevons que leurs centres soient joints ensemble par une ligne inflexible & sans pesanteur, partagée en deux parties en *C*, de maniere que le centre du petit globe, soit deux fois plus éloigné du point *C* de suspension, que celui du globe *A*; alors ces globes resteront en équilibre, l'un ne pouvant prévaloir sur l'autre. Car si le globe *A* pouvoit se mouvoir autour du point *C*, en décrivant l'arc *A a*, il faudroit qu'il communiquât au globe *B* une vîtesse qui lui feroit parcourir dans le même temps l'arc *B b*. Mais les figures *A C a*, *B C b* étant évidemment

ſemblables, c'eſt-à-dire, l'une étant en grand ce que l'autre eſt en petit, les arcs *A a*, *B b* ſont comme les rayons *A C*, *B C*, ou comme 1 eſt à 2; ainſi la maſſe du mobile *A*, que je ſuppoſerai de deux livres, ſeroit à celle du mobile *B* d'une livre, comme la vîteſſe 2 du mobile *B*, à la vîteſſe 1 du mobile *A*; c'eſt-à-dire, pour s'expliquer comme les Géometres, *les maſſes des mobiles A & B, ſeroient en raiſon inverſe des vîteſſes;* alors multipliant les maſſes *A* & *B* par leurs vîteſſes, les produits ſeroient égaux, (car 1 multiplié par 2, eſt égal à 2 multiplié par 1), auſſi-bien que les mouvemens oppoſés, qui par conſéquent doivent ſe détruire mutuellement, de maniere que les corps doivent reſter en repos. Et cela arrivera toujours toutes les fois que les maſſes ſeront en raiſon inverſe des diſtances de leurs centres au point de ſuſpenſion, de ſorte que ſi la maſſe *A* étant ſuppoſée de 3 livres, la maſſe *B* de 2 livres, l'on diviſe la ligne *A B* en 5 parties égales & que la partie *A C* ſoit de deux de ces parties, & la partie *C B* de 3, afin que la

masse *A* soit à la masse *B*, comme la distance *C B* est à la distance *C A*, les corps *A* & *B* resteront en équilibre; parce qu'alors les arcs *A a*, *B b*, ou les vîtesses des mobiles *A* & *B*, qui devroient avoir lieu si ces corps venoient à se mouvoir, seroient entr'elles en raison inverse de leurs masses, & leurs mouvemens seroient égaux & opposés, ainsi ils doivent se détruire... On peut donc dire, que le centre de gravité de deux globes, est un point situé sur la ligne qui joint leur centre, de maniere que les distances de ce point à ces centres, sont en raison inverse (ou réciproque) des masses.

Si les masses *A* & *B* étoient égales, le point *B* seroit au milieu de la ligne *A B*. Si la masse *B* est la moitié de la masse *A* (*fig.* 23), & que vous vouliez trouver le centre de gravité des globes *A* & *B*, partagez la ligne *A B* en trois parties égales, & prenez *A C* égale à l'une de ces parties, le point *C* sera le centre de gravité cherché. Si le globe *P* (*fig.* 24), pese 12 livres, le globe *A*, 2 livres, le globe *B*, une livre, joignez le point *C*,

(centre de gravité des masses *A* & *B*) & le centre du globe *P*, par une ligne *C P*, que vous partagerez en autant de parties égales, qu'il y a d'unités de masse dans les trois masses *A*, *B* & *P*, ou si vous voulez en 15 parties égales, en prenant la masse d'une livre pour l'unité de masse; & si vous faites *C c* de 12 de ces parties, & *P c* de 3, afin que la masse *P* soit à la somme des masses *A* & *B*, (qu'on peut considérer comme une seule masse concentrée en *C*), comme la distance *C c*, est à la distance *c P*, le point *c* sera le centre commun de gravité des masses *A*, *B*, *P*. Il est facile de voir comment on pourroit trouver le centre commun de gravité d'un plus grand nombre de globes.

29. On peut concevoir un corps quelconque, comme composé d'une quantité innombrable de points matériels plus ou moins distans les uns des aurres, & imaginer qu'on a trouvé le centre de gravité de deux de ces points, & ensuite le centre commun de gravité de trois, puis celui de quatre, & ainsi de suite, jusqu'à

ce qu'on ſoit parvenu au centre commun de gravité de tous les points, lequel ſera le centre de gravité du corps. Il eſt donc évident que tout corps a un centre de gravité : ce que preſque tous les Phyſiciens ſuppoſent ſans le démontrer.

Placez un corps ſur une table polie & vers les bords, de maniere qu'il ſoit prêt à tomber, la partie de ce corps qui eſt ſoutenue par la table, faiſant équilibre avec la partie qui eſt en l'air, tracez ſur la ſuperficie de ce corps une ligne qui repréſente la commune interſection de la table & du corps; changez enſuite ſa ſituation, & plaçant encore le corps ſur le bord de la table comme ci-devant, marquez une nouvelle ligne qui coupera la premiere en un point, auquel répondra, (dans l'intérieur du corps), ſon centre de gravité; s'il s'agit d'un globe, le centre de gravité ſe confondra avec ſon centre propre.

30. Lorſque le centre de gravité d'un corps eſt ſoutenu par un fil, par une corde, &c. ce corps reſte immobile, & le corps agit comme ſi toute ſa matiere étoit aſſemblée dans ſon centre d'équilibre qui eſt toujours

poussé vers le centre de la terre par l'action de la gravité. C'est pourquoi si le centre *p* de gravité d'une tour *A f d B* (*fig.* 24. *A*) est tellement placé que la ligne verticale *p C* qui pousse ce point vers la ligne horizontale *A B*, passe par la base *A B* de ce corps, le point *p* sera soutenu, & la tour quoique inclinée ne tombera pas. Car pour qu'elle fût renversée il faudroit que le point *p* tournât autour du point *B*, en décrivant l'arc *p t m*, ce qu'il ne sauroit faire, parce que le point *t* étant plus élevé que le point *p*, le centre de gravité monteroit & s'éloigneroit du centre de la terre; mais l'action de la gravité s'oppose à cet effet.

La tour de Pise ne tombe pas quoiqu'elle soit inclinée à l'horizon, parce que la direction de son centre de gravité, c'est-à-dire la ligne verticale qui passe par son centre de gravité passe par sa base. Les Danseurs de corde ne parviennent à se soutenir sans tomber que par le moyen d'un levier qu'ils tiennent entre leurs mains, & qu'ils balancent de maniere que la direction du centre de gravité de leur corps passe toujours par le pied qui pose sur la corde, ou entre les deux pieds, s'ils sont tous les deux appuyés sur cette corde. Un homme tomberoit si la direction du centre de gravité cessoit de passer entre ses pieds ou par l'un des deux; & c'est la raison pour laquelle nous ne saurions ramasser, sans tomber, une piece d'argent placée à quelques pouces devant nos pieds, si nous tenons les talons appliqués contre une muraille située derriere nous, parce qu'en courbant le corps nous déplaçons son centre de gravité, qui n'étant plus soutenu, descend vers le centre de la terre.

CHAPITRE IV.

Du Mouvement en ligne courbe.

31. SUPPOSONS un mobile *T* (*fig.* 25) jetté obliquement en l'air, de maniere qu'il ne trouve aucune résistance de la part de ce fluide; si la gravité n'agissoit point sur ce mobile, il parcourroit la ligne *T d t* d'un mouvement uniforme ; mais par l'action de la gravité qui le détourne continuellement de la ligne droite qu'il tend à décrire à chaque instant, il est forcé de parcourir la ligne courbe *T ſ A n*. En effet, dans le temps que le mobile parviendroit en *d*, la cause de la gravité retarde son mouvement selon la verticale, & le fait parvenir en *ſ*; & dans le temps qu'il arriveroit en *t*, la cause de la gravité le fait parvenir en *A*. Arrivé à ce point il décrit l'autre branche *A n* égale & semblable à la branche *T A*, parce que la vîtesse horizontale *T N* ou *h t* est toujours la même, & que l'action de

la gravité rend en faisant descendre le mobile au dessous de la ligne *A D*, tout le mouvement qu'elle a ôté pendant la montée, & accélere la vîtesse verticale en descendant de la même maniere qu'elle l'a retardée en montant.

Voyons maintenant quelle est la nature de la branche *A n*. Supposons que la ligne horizontale *A D*, soit divisée en trois parties égales, de sorte que le mobile *A* les parcourroit d'un mouvement uniforme dans 3 secondes; mais l'action de la gravité empêche ce mobile de parvenir en *B*, & le fait descendre de la quantité *B p* dans une seconde; de maniere que ce mobile arrive au même point par la composition de la force tangentielle & uniforme *A B*, & de la force accélératrice de la gravité: (voyez le n°. 9). A la fin de la seconde seconde, le mobile se trouveroit en *C*, si la force tangentielle avoit agi seule; mais la cause de la gravité l'a fait descendre alors de la quantité *C m*, qui selon ce que nous avons dit ci-dessus (n°. 22), doit être 4 fois plus grande que *B p*, qui représente l'es-

pace parcouru dans une ſeconde; parce que les eſpaces parcourus par la cauſe de la gravité, ſont comme les quarrés des temps. A la fin de la troiſieme ſeconde, le mobile, au lieu d'arriver en *D*, arrivera au point *n* par l'action de la gravité, & l'eſpace *D n* ſera comme 9, quarré du temps 3, & ainſi de ſuite. De maniere que les eſpaces *B p*, *C m*, *D n*, ou *A P*, *A M*, *A N*; ſeront comme les quarrés des lignes *A B*, *A C*, *A D*, ou *P p*, *M m*, *N n*; c'eſt-à-dire, que les abciſſes *A P*, *A M*, *A N* ſont comme les quarrés des ordonnées *P p*, *M m*, *N n*: ce qui caractériſe la parabole. C'eſt pourquoi *les corps lancés obliquement ou même horizontalement, parcourent une parabole, du moins en faiſant abſtraction de la réſiſtance de l'air.*

Lorſque cette réſiſtance de l'air eſt peu conſidérable, comme dans les jets d'eau fort petits, chaque goutte d'eau parcourt ſenſiblement une parabole; auſſi ce jet forme une courbe ſenſiblement parabolique, comme on peut le vérifier en tenant un vaſe d'une certaine hauteur conſtamment

plein de mercure, & en adaptant à ſa partie inférieure un ajutage qu'on peut diriger, ſoit obliquement, ſoit parallelement à l'horizon. Mais lorſque les jets d'eau ſont fort conſidérables, la réſiſtance de l'air empêche que la courbe qu'ils décrivent ſoit parabolique; & malgré les efforts qu'ont fait de très-grands Géometres pour déterminer la nature de la courbe que décrit un mobile lancé dans une direction oblique à l'horizon, on peut dire que ce problême n'a pas encore été parfaitement réſolu.

Si nous continuons à faire abſtraction de la réſiſtance de l'air, on peut dire que les bombes, les boulets de canons, les fuſées & tous les corps qu'on lance en l'air, dans des directions paralleles ou obliques à l'horizon, décrivent des paraboles plus ou moins ouvertes, ſelon la vîteſſe de projection & la nature de l'angle que fait la direction primitive du mobile avec l'horizon. Un boulet de canon peut parcourir environ 600 pieds par ſeconde; mais la cauſe de la gravité fait deſcendre un corps d'environ 15 pieds pendant ce temps-

là;

là ; ainsi un boulet de canon tiré parallelement a l'horizon, s'abaisse de 15 pieds au dessous de la ligne horizontale dans l'espace d'une seconde. Les canons & les fusils relevent le coup, c'est-à-dire, que la bale ou le boulet qui sort d'un fusil ou d'un canon, a une direction qui tend à un point plus élevé que celui qui répond à la ligne de mire ; ce qui vient de ce que l'épaisseur des armes à feu est plus grande vers leur culasse qu'à leur embouchure ; de façon que la ligne de mire *A C m* (*fig.* 26) & la vraie direction du boulet, (c'est-à-dire, *t p*) se croisent au point *C* ; & quand on croit diriger le boulet en *m*, on le dirige véritablement en *p*. Cependant si sa vîtesse est telle que la cause de la gravité puisse le faire descendre de la hauteur *p m*, dans le temps qu'il parcourroit la ligne *t p*, on atteindra le but qu'on s'est proposé. C'est pourquoi l'art de la *Balistique* ou cette partie de l'Artillerie qui consiste à mesurer avec justesse le jet d'un corps fort pesant, comme une bombe ou un boulet de canon, demande qu'on combine

d'une maniere convenable, l'effet de la force projectile & de l'action de la cause de la gravité. Il faut donc estimer la résistance de l'air, & le dérangement qu'elle peut produire dans le mouvement du projectile, la force de la poudre, qui dépend de sa qualité, & de la quantité, non pas que l'on y emploie, mais qui s'enflamme; car il arrive souvent qu'une partie sort de la piece sans prendre feu. Il est encore nécessaire d'avoir égard à la direction qu'on doit donner au boulet ou à la bombe, dont le mouvement est sujet à bien des variations; de sorte qu'on ne doit espérer d'obtenir que des à peu-près; & s'il est utile que les Officiers d'artillerie soient instruits des principes de méchanique, il est encore plus nécessaire qu'ils soient bien exercés dans les écoles établies dans cette vue.

32. Un *pendule* est un corps *m* (*fig.* 27) qu'on considere comme un point suspendu à un fil qui n'auroit aucune pesanteur, & qui peut se mouvoir librement autour du point *T*, en parcourant l'arc *a m n*, ou *n m a*. Lorsque le pendule va de *n* en *m*, &

qu'il monte enſuite en *a*, il eſt dit faire une *vibration* ou une *oſcillation*, il en fait une autre en allant de *a* en *n*; mais lorſqu'il eſt arrivé de *a* en *m*, il n'a fait encore qu'une demi-oſcillation. Si du point *T*, comme centre, on décrit avec le rayon *T M* l'arc *M A*, il eſt viſible qu'il aura le même centre que l'arc *m a*, qu'il lui ſera parallele, puiſqu'il aura tous ſes points également éloignés des points correſpondans de l'arc *a m*; que ces arcs contiendront le même nombre de degrés; parce qu'ils ſont compris entre les côtés d'un même angle *m T a*, qu'ils meſurent tous les deux, & il peuvent être conſidérés comme une ſuite des plans également inclinés, ſoit par rapport à la verticale *T m*, ſoit encore par rapport à l'horizon (1). En conſidérant les arcs *A M* & *a m* comme une ſuite des plans, également inclinés à l'ho-

(1) Rien n'empêche de conſidérer chacun de ces arcs comme diviſés en un même nombre infini de parties, dont chacune peut être regardée comme droite & comme formant un plan infiniment petit, de maniere que chaque plan qui compoſe l'arc *A M* doit être à chaque plan correſpondant de l'arc *a m*, comme l'arc entier *A M* eſt à l'arc *a m*.

rizon il eſt viſible que les corps *A* & *a* doivent les parcourir dans des temps dont les quarrés ſoient proportionnels à leurs longueurs (n°. 23). Or les figures *Tm a*, *T M A*, étant ſemblables, l'une eſt en grand ce que l'autre eſt en petit, & l'arc *a m* eſt par rapport à l'arc *A M*, ce que le rayon *T m* eſt par rapport au rayon *T M*; de maniere que ſi l'arc *a m* eſt quadruple de l'arc *A M*, le rayon *T m* ſera quadruple du rayon *T M*. Ainſi les quarrés des temps que les mobiles *a* & *A* emploient à parcourir les arcs *a m*, *A M*, ſont comme les longueurs de ces arcs, ou comme leurs rayons, *& les temps ſont comme les racines des longueurs des arcs ou des rayons*. Donc ſi on ſuppoſe l'angle *D t B* égal à l'angle *M T A*, l'arc *B D* égal à l'arc *A M*, les temps des demi-vibrations & par conſéquent ceux des vibrations entieres des pendules *t D* & *T m*, ſeront entr'eux comme les racines des longueurs de ces pendules : ce qui eſt conforme à l'expérience. On a remarqué encore que les vibrations d'un même pendule, en les ſuppoſant toujours fort

petites, étoient *iſocrhones* ou d'égale durée, quoiqu'elles fuſſent inégales; c'eſt-à-dire, qu'un pendule emploiera le même temps à faire une vibration dans un arc de deux degrés & dans un arc d'un ſeul degré; ce qui vient de ce que la force reſpective qui tend à ramener le corps *a* au point *m*, pour lui faire parcourir enſuite par le moyen de la force acquiſe en *m*, l'arc *m n*, égal à l'arc *a m*, eſt d'autant plus grande, que cet arc *a m* eſt plus grand, de maniere que ſi cet arc eſt de deux degrés, cette force ſera deux fois plus grande que s'il n'étoit que d'un degré. Or une force double, doit faire parcourir un eſpace double dans le même temps qu'une force comme 1 fait parcourir un eſpace comme 1.

Il eſt facile de faire entendre cela d'une autre maniere : car ſi ayant prolongé le rayon *T a* juſqu'en *b*, vous menez la ligne *a d*, parallele à la verticale *T m*, cette ligne pourra repréſenter la peſanteur du mobile *a*, & la force avec laquelle l'action de la gravité pouſſe ce corps vers le centre de notre globe; de ſorte que

ſi l'on acheve le rectangle *a b d c*; la force *a d* ſera compoſée de deux forces *a b* (égales à *c d*) & *a c*, dont la premiere eſt détruite par la réſiſtance du fil, & dont la derniere repréſente la force reſpective qui pouſſe le mobile *a* le long de l'arc *a m*. Mais ſi on tire *a p* perpendiculaire ſur *T m*, & qu'on meſure les angles des triangles *a p T*, *a c d*, on les trouvera égaux chacun à chacun; de ſorte que ces triangles ſont ſemblables, l'un étant en grand ce que l'autre eſt en petit; & il y a le même rapport entre la force abſolue *a d* & la force reſpective *a c*, qu'entre le rayon *a T* & la ligne *a p*. Or, l'arc *a m* étant extrêmement petit, par ſuppoſition, la ligne *ap* (ſinus de l'arc *a m*) ſe confond avec cet arc, & eſt cenſée lui être égale. C'eſt pourquoi la force abſolue *a d* eſt à la force reſpective, comme le rayon eſt à la longueur de l'arc. Et de même la force abſolue eſt au rayon, comme la force reſpective eſt à la longueur de l'arc. Ainſi cet arc augmentant la force reſpective qui le fait parcourir, augmente dans le même rapport, & le

temps employé à le parcourir reste le même.

Il est facile de comprendre que si on transportoit successivement le même pendule à des distances dans lesquelles l'action de la gravité fût plus foible qu'à la surface de la terre, sa vîtesse diminueroit, & il feroit un moindre nombre d'oscillations dans le même temps.

Si l'on se rappelle ce que nous avons dit ci-dessus (27), on comprendra facilement qu'en transportant le pendule à une distance à laquelle l'action de la gravité soit neuf fois plus petite qu'elle ne l'est auprès de notre globe, la force accélératrice qui pousse le mobile *a*, & qui agit sur lui dans tous les points de l'arc *a m*, sera neuf fois plus foible, & qu'il emploiera un temps trois fois plus grand pour parcourir le même arc. Si cette force étoit vingt-cinq fois plus petite, le temps employé seroit exprimé par 5, racine quarrée de 25; & en général les temps de demi-vibrations, (comme ceux des vibrations entieres), des pendules de même longueur ou du même pendule, répondent à la racine du nombre qui exprime la foiblesse de la force accélératrice; ou pour parler le langage des Mathématiciens, *les temps des vibrations des pendules sont en raison inverse ou réciproque des racines des forces accélératrices.*

33. La mesure du temps est d'une

grande utilité, non ſeulement dans la vie civile, mais encore dans l'Aſtronomie & la Phyſique, où la durée des effets eſt ſouvent le moyen le plus propre à nous donner une connoiſſance juſte de la cauſe. Le pendule eſt un inſtrument qu'on emploie pour meſurer des parties du temps fort égales entr'elles. Il peut nous en faire connoître la quantité par la durée & le nombre de ſes oſcillations. C'eſt lui qui donne à nos horloges de chambre (qu'on appelle des *pendules*), cette exactitude qu'on ne ſauroit ſe flatter d'obtenir par d'autres moyens : ces ſortes d'inſtrumens ſont animés par un reſſort, ou par un poids qui donne le mouvement à un certain nombre de roues, par l'action deſquelles les aiguilles parcourent les graduations du cadran. Si ce mouvement n'étoit ralenti par un modérateur, il ſeroit trop précipté, & l'aiguille qui indique les heures, n'auroit pas un mouvement convenable pour faire deux tours exacts en 24 heures ; ſi le modérateur eſt ſujet à des inégalités, l'aiguille ne parcourra pas des parties égales du ca-

dran en temps égaux, & il y aura des heures plus longues les unes que les autres. C'eſt à ce modérateur imparfait qu'on a ſubſtitué, il n'y a pas long-temps, le pendule, & voici comment. Toutes les roues s'engrainant réciproquement, ſi l'une d'elles a un mouvement régulier, le mouvement de toutes les autres le ſera auſſi : celle qu'on nomme *rochet* ou *roue de rencontre*, ne peut tourner que quand une piece qui porte deux palettes ou quelque choſe d'équivalent, ſe leve pour laiſſer paſſer une de ſes dents; ſi du paſſage d'une dent à l'autre il s'écoule toujours des temps égaux, & que les diviſions de la roue ſoient exactes, le mouvement de cette roue & celui des autres ſera uniforme. C'eſt à cette piece d'échappement qu'on a adapté un pendule, afin que ſes vibrations, qui ſont d'égale durée, rectifiaſſent les irrégularités que produiſent le rouage ou la force motrice.

Un pendule de 3 pieds 8 lignes & demi environ, fait à Paris une oſcillation dans une ſeconde, & 60 vibrations par minute. Dans les ré-

gions de la zone torride, cette longueur doit être diminuée d'environ deux lignes, pour que le pendule continue à faire une vibration dans une seconde; ce qui, selon ce que nous avons dit ci-dessus, prouve que la pesanteur des corps n'est pas la même dans tous les climats ; & qu'elle est moindre dans la zone torride qu'en Europe.

34. Supposons qu'un corps *a* (*fig.* 28), attaché à l'extrêmité d'un fil *F a*, reçoive une impression selon la ligne *a b*; ce corps étant retenu par le fil dont l'extrêmité *F* est supposée fixe, sera obligé d'abandonner la ligne droite *a b*, & de se mouvoir dans le cercle *a m P x*, sans pouvoir s'écarter du centre *F* de ce cercle; de maniere qu'en supposant l'arc *a m* (1) infiniment petit, on

---

(1) L'arc *a m* étant infiniment petit, la ligne *a n* est censée lui être égale ; car si l'on fait l'arc *A M* infiniment petit, qu'on mene la tangente *A T*, & que du point *A* pris pour centre on décrive avec le rayon *A M*, l'arc *M T*, la ligne *N T* comprise entre la perpendiculaire *N M* & cet arc sera infiniment petit par rapport à la ligne *N M*, à cause que l'angle *N M T* est infiniment petit par rapport aux angles *M N T*,

pourra concevoir le mouvement du corps le long de cet arc, comme produit par deux forces *a n*, *a p*, dont la premiere désigne la force impulsive ou tangentielle, qui tend à faire parcourir la ligne *a n*, dans le même temps que la force *a p*=*n m*, tend à rapprocher le mobile de l'arc *a m*, de la quantité *n m*. Cette seconde force s'appelle *force centripete*, parce qu'elle fait effort pour rapprocher le

---

M T N; ainsi le côté *N T* opposé à l'angle infiniment petit *N M T* est infiniment plus petit que le côté *N M* opposé à l'angle fini *M T N*; mais l'angle *M A N* étant aussi infiniment petit, le côté *N M* qui lui est opposé, doit être infiniment plus petit que le côté *A N* opposé à l'angle fini *A M N*; ainsi la ligne *N T*, différence entre *A M* & *A N*, est infiniment plus petite que *M N*, qui est elle-même infiniment petite relativement à *A N*; de sorte qu'en supposant que *A M*, (qu'on peut considérer ici comme une ligne droite), représente une vîtesse finie, *N M* représentera un infiniment petit du premier ordre, & *NT* un infiniment petit d'un ordre inférieur, ou du second ordre, qu'on doit regarder comme zéro par rapport à *A M* & *A N*; car il faudroit une infinité de ces infiniment petits pour valoir l'infiniment petit *N M*, qui est censé n'être rien par rapport à *A M* ou *A N*; ainsi quelque nombre de révolutions que fasse un corps dans une orbite circulaire en vertu d'une force tangentielle & d'une force centrale, la vîtesse n'est augmenté ni diminuée. C'est pourquoi les Méchaniciens assurent que la vîtesse d'un tel corps doit être constante.

corps du centre *F*. La force tangentielle *a n* tend à éloigner le mobile *a* du centre *F* de la quantité *m b* ou *n m*, (parce que l'arc *a m* étant infiniment petit, les points *n* & *b* sont censés se confondre, & les lignes *n m* & *b m* sont regardées comme égales), dans le temps que ce mobile parcourroit la ligne *a b*; c'est pourquoi il en résulte une *force centrifuge*(1), c'est-à-dire, une force qui

---

(1) Nous remarquerons ici en faveur des Commençans qui imaginent ordinairement une espece de conflit & de combat entre la force centrifuge & la force centripete, que celle-ci a toujours son effet qui consiste à éloigner le mobile de la tangente de l'orbite pour lui faire parcourir l'arc, tandis que l'autre l'auroit retenu dans la tangente s'il n'y avoit pas eu de force centripete. La force centrifuge est donc toujours égale à la force centripete *b m* ou *n m*; mais celle-ci exerce son action en allant de la tangente vers l'arc *am*, & nous concevons au contraire que l'autre tend à éloigner le mobile de l'arc; mais la force centrifuge n'ôte rien à l'effet de la force centripete. La force centrifuge n'est donc autre chose que la considération de la force d'inertie qui demande que le mobile suive la tangente, tandis que la force centripete en surmontant cette inertie le ramene dans l'orbite; la force centripete ne livrera donc aucun combat à la force centrifuge: c'est dans ce sens qu'il faut entendre tout ce qu'on lira dans cet Ouvrage sur les forces centrales.

tend à éloigner le mobile du centre *F*, & cette force eſt ici exprimée par *b m*. On ſent cet effort lorſqu'on fait tourner une pierre dans une fronde qu'on retient avec la main; & ſi la fronde vient à ſe rompre, la pierre s'échappe alors par la tangente, & ceſſe de décrire un cercle. Ainſi, lorſque la force centripete n'eſt pas aſſez conſidérable, le mobile doit s'éloigner du centre de ſon mouvement. Les force centrifuge & centripete, ſont appellées *forces centrales*, & leur connoiſſance eſt très-utile pour expliquer le mouvement des aſtres. Si l'on ſuppoſe que le rayon *A F*, eſt la moitié du rayon *a F*, & que les arcs *A M*, *a m*, ſont d'un égal nombre de ſecondes, par exemple, de deux ſecondes, la ligne *T M* ſera la moitié de la ligne *b m*; ainſi en ſuppoſant que deux mobiles *a* & *A*, parcourent dans le même temps deux cercles dont le rayon de l'un ſoit double du rayon de l'autre, leurs forces centrifuges repréſentées par *b m* & *T M*, feront entr'elles comme les rayons de ces cercles, leſquels rayons ſont dans

le même rapport que leurs circonférences; parce que les cercles étant des figures ſemblables, dont l'une eſt en grand ce que l'autre eſt en petit, ſi le rayon de l'un eſt double de celui de l'autre, la circonférence du premier ſera double de celle du ſecond. Ceci peut ſervir à faire connoître la figure de la terre, comme nous le verrons dans la ſuite.

35. Selon les obſervations des Aſtronomes, les planetes ſe meuvent en décrivant des ellipſes plus ou moins allongées, à un des foyers deſquelles le ſoleil ſe trouve placé. Pour faire concevoir aux commençans comment ce mouvement peut s'exécuter, ſuppoſons que la planete *a* (*fig.* 29), ait reçu une impulſion ſelon la ligne *a b*, perpendiculaire à la grande ou haute *abſide F a*, & qu'elle ſoit attirée vers le ſoleil *F* par une force centrale qui la faſſe deſcendre de la quantité *n m*, dans le temps qu'elle parcourroit la ligne *a n*; cette planete parcourra l'arc elliptique *a m* infiniment petit, par un mouvement qu'on pourra

confidérer comme produit par la force centripete $a\ p = m\ n$, & la force tangentielle $a\ n$. Arrivée au point m, la planete tend à s'échapper par la tangente $m\ t$; mais la force centrale qui la maîtrise & qui la pousse continuellement vers le soleil F, la fait parvenir en B. Là elle fait effort pour décrire la ligne $B\ f$; mais la force centrale représentée par $f\ r$, l'oblige de se rendre en r; delà elle décriroit la tangente $r\ T$, si la force centrale ne la ramenoit en A. Etant arrivée à ce point, qui est l'extrêmité de la basse abside $F\ A$, elle tend à parcourir la ligne $A\ N$; mais la force centrale l'oblige à parcourir l'arc $A\ M$, puis l'arc $M\ b$, ensuite l'arc $b\ x$, & enfin l'arc $x\ a$. Etant arrivée au point a, la planete recommence une nouvelle révolution semblable à la premiere (1).

---

(1) Avec un peu d'attention, il est aisé de comprendre qu'on ne peut faire usage du principe du n°. 9 pour la description entiere d'une courbe fermée ; parce que les directions du mobile en A & a sont opposées ; mais ce principe peut servir lorsqu'il s'agit d'un arc qui tend du même côté dans toute sa longueur, par exemple, pour l'arc $A\ b$, l'arc $a\ B$, &c. pris séparément

Cette force centrale qui pousse les planetes vers le soleil, est la même que celle qu'on nomme *attraction*; & les partisans de M. Newton assurent qu'il existe dans la nature une force attractive par laquelle tous les corps tendent vers tous les corps; & parce que les planetes & les cometes se meuvent dans des espaces vuides, ainsi que nous l'avons dit ci-dessus (n°. 2), on doit conclure que cette tendance des planetes vers le soleil, vient d'une loi de la nature établie par la volonté très-libre du Créateur, qui a voulu que tous les corps pesassent ou tendissent vers tous les corps, du moins dans certaines distances. Le soleil lui-même tend vers les planetes; mais la force qui le pousse vers elles, étant égale à celle qui les retient dans leurs orbites, par ce que la réaction est égale à l'action, & sa masse étant de beaucoup plus grande que celle de toutes les planetes prises ensemble, qui d'ailleurs l'attirent l'une d'un côté, l'autre de l'autre côté, il est visible que cet astre doit faire peu de chemin en s'approchant tantôt d'une planete, tantôt de l'autre, & qu'on peut le regarder comme immobile.

36. Les planetes & les corps ſphériques & homogenes placés à des diſtances un peu grandes, s'attirent à peu près en raiſon inverſe du quarré des diſtances qu'il y a entre leurs centres ; c'eſt-à-dire, ſi nous ſuppoſons qu'un corps ſphérique de plomb ſoit attiré auprès de la ſurface de la terre avec une force comme 1, de maniere qu'il peſe une livre, ce même corps étant tranſporté à une diſtance deux fois plus grande du centre de la terre peſera quatre fois moins, ou ne peſera qu'un quart de livre ; & il ne peſera qu'un neuvieme de livre à une diſtance triple ou à une diſtance comme 3, parce que le quarré de 3 eſt 9. Ainſi le rayon de la terre étant ſuppoſé repréſenté par 1, aux diſtances 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, &c. le poids de ce corps ſera 1, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{36}$, $\frac{1}{49}$, $\frac{1}{64}$, $\frac{1}{81}$, $\frac{1}{100}$, &c. Pour faire entrevoir à ceux qui n'entendent pas les Mathématiques comment on a pu découvrir cette loi, ſuppoſons que la lune ſoit repréſentée par *a*, (*fig.* 28) ; cet aſtre, comme on ſait, ſe meut autour de la terre que nous ſuppoſons placée en *F*, centre de

l'orbite lunaire, qu'on peut considérer ici comme circulaire; on est assuré que la circonférence de cette orbite est à peu près 60 fois plus grande que celle d'un grand cercle de la terre, dont la longueur est de 123249600 pieds: la lune se meut autour de la terre dans l'espace de 27 jours, 7 heures, 43 minutes à peu près. En cherchant l'arc qui répond à une minute, (arc qu'on peut regarder comme infiniment petit), ce qui se fait en divisant le nombre des pieds de l'orbite lunaire par le nombre des minutes que la lune met à la parcourir, cherchant aussi la valeur de la ligne *nm* ou *bm*, qui représente l'effet de la force centrale, pendant que cet arc est parcouru, les Astronomes ont trouvé environ 15 pieds pour ce dernier résultat (1);

(1) On sait que dans un triangle rectangle *Fab*, l'hypoteneuse *Fb* est égale à la racine de la somme du quarré du rayon de la terre ou du côté *Fa*, plus celui du côté *ab* qu'on peut ici supposer égal à l'arc *am*, parce que cet arc étant extrêmement petit par rapport à la circonférence entiere, les points *m* & *b* sont censés également distans du point *a*. On connoît le rayon de l'orbite lunaire qui est environ soixante fois plus grand que celui de la terre,

c'eſt-à-dire, que l'attraction de la terre fait deſcendre la lune de la hauteur *n m* de 15 pieds dans une minute, tandis qu'auprès de la ſurface de notre globe, les corps parcourent par l'action de la cauſe de la gravité, c'eſt-à-dire, par l'attraction, un eſpace de 15 pieds dans une ſeconde, & un eſpace 3600 fois plus grand dans une minute qui contient 60 ſecondes; & la raiſon en eſt que les eſpaces parcourus par l'action de la cauſe de la gravité, répondent aux quarrés des temps (n°. 22); or 3600 eſt le quarré de 60, puiſque 3600 eſt le produit de 60 multiplié par 60. On voit donc qu'à la diſtance de la lune, la force attractive de la terre ne fait deſcendre les corps dans le même temps que d'une hauteur 3600 fois plus petite

---

& l'arc *a m* décrit dans une minute; ainſi l'on connoîtra facilement la ligne *F b*, d'où retranchant le rayon *F m*, il reſtera la ligne *m b* d'environ quinze pieds. On peut voir dans nos Inſtitutions Mathématiques la théorie des forces centrales, dans laquelle on trouvera le moyen de peſer les aſtres, & beaucoup d'autres choſes curieuſes que nous ne pouvons développer dans un Ouvrage deſtiné à l'inſtruction des Lecteurs qui ne ſont pas verſés dans les Mathématiques.

qu'à la ſurface de la terre. Mais les corps ſitués à la diſtance moyenne de la lune, ſeroient éloignés de 60 demi-diametres ou rayons terreſtres du centre de notre globe, tandis que les corps placés à la ſurface de la terre ne ſont éloignés du même centre que d'un rayon terreſtre que nous repréſenterons par 1, en repréſentant par 60 la diſtance moyenne de la lune au centre de notre globe. Les quarrés de 1 & de 60 ſont 1 & 3600; donc lorſque la diſtance eſt 1, l'attraction eſt 3600 fois plus grande que lorſque la diſtance eſt 60; ou ce qui revient au même, l'attraction diminue comme le quarré de la diſtance augmente; ou bien encore *l'attraction ſuit la raiſon inverſe des quarrés des diſtances.*

37. L'attraction étant une propriété commune à tous les corps, elle doit être proportionnelle au nombre des points matériels du corps attirant, ou à la quantité de matiere & à la maſſe du corps attirant, parce qu'il n'y a aucune partie dans un corps qui n'ait la faculté d'attirer tous les points matériels d'un autre corps en raiſon renverſée des quarrés des diſtances qu'il y a entre le point attirant & le point attiré. Il eſt donc viſible qu'en

même temps que la terre attire la lune, la lune attire aussi la terre; ensorte que ces deux astres se meuvent autour de leur centre de gravité *A* (*fig.* 30), en parcourant des orbites *t M*, *a n*, dont on n'a représenté ici qu'une partie, tandis que le point *A* se meut autour du soleil. Mais parce que la masse de la lune *a* est environ la 71e partie de celle de la terre *t*, le point *A* est environ 71 fois plus près du centre de la terre que de celui de la lune, c'est-à-dire que le centre de gravité se trouve en dedans de la terre; & l'on peut considérer la lune comme si elle se mouvoit autour de la terre sans faire aucune attention au mouvement qu'a notre globe autour du point *A* (1).

---

(1) Il paroît par les observations des Astronomes, qu'en comparant les vîtesses d'une planete dans les différens points de son orbite, elles sont en raison inverse des perpendiculaires abaissées du foyer sur les tangentes menées à ces points. Supposons, pour nous faire entendre, que la distance *F a* (*fig.* 29), soit comme 2, la distance *F A* étant 1, les lignes *F a* & *F A* étant perpendiculaires aux tangentes *a n*, *A N*, la vîtesse en *a* sera à la vîtesse en *A* comme 1 est à 2; & delà quelques-uns ont conclu mal-à-propos qu'une orbite elliptique ne pouvoit pas être parcourue par la combinaison d'une force tangentielle & d'une force centrale en raison inverse du quarré de la distance au foyer; parce que, disoient-ils, l'ellipse ne pourroit alors avoir la même courbure vers les sommets *a* & *A* du grand axe. Il est aisé de faire voir le contraire; car supposons que le mobile *a* ait au point *a* une vîtesse par laquelle il parcourroit la longueur *a n*, que je suppose de 4 toises, dans deux secondes, & que la force centrale puisse

38. La force centrifuge, dont nous avons déjà fait mention, sert à faire concevoir comment on peut renouveller l'air d'un vaisseau, d'un appartement, des hôpitaux, &c. *CBDA* (*fig.* 31) représente un tambour fixe, ouvert vers sa partie *AC*, pour recevoir un tuyau flexible *AacC*. Une roue dentée, portée par un montant *p*, & qu'on met en mouvement par le moyen de la manivelle *b*, engraine dans une lanterne *f* dont l'arbre porte

---

faire descendre ce mobile de la hauteur d'un pied dans une seconde, & de quatre pieds dans deux secondes : car les espaces que font parcourir les forces accélératrices sont comme les quarrés des temps ; à la distance *an* de 4 toises du sommet *a*, répondra un écartement *nm* de quatre pieds. Faisons voir que cet écartement est le même à la même distance *AN* du sommet *A*. Si nous supposons *AN* de 4 toises, la planete dont la vîtesse en *A* est 2, tandis qu'elle n'étoit que 1 en *a*, parcourroit cet espace dans une seconde sans l'action de la force centrale dirigée vers F ; mais la distance *Fa* étant 2, & la distance *FA* étant représentée par 1, cette force centrale est quatre fois plus foible en *a* qu'en *A*, puisque l'attraction diminue comme le quarré de la distance augmente ; c'est pourquoi elle fera parcourir l'espace *NM* de quatre pieds dans une seconde, & l'écartement *NM* sera le même à des distances égales du point *A* & du point *a* ; ainsi la courbure sera la même au deux sommets de l'ellipse.

les aîles *a M*, *a N*, &c. (*fig.* 32) d'un volant placé dans le tambour. Celles-ci impriment à l'air un mouvement centrifuge qui l'oblige de ſortir par le tuyau *A a c C* (*fig.* 31); près du centre *f* ſont pluſieurs trous *P*, par leſquels il entre de nouvel air, qui à ſon tour eſt chaſſé de même. Ainſi l'ouverture du tuyau aboutiſſant hors de la calle ou bien hors de l'appartement, on peut faire ſortir l'air gâté qui ſera remplacé par un air pur qui viendra du dehors par les ouvertures, les fentes, les fenêtres, &c. Cette invention peut auſſi avoir ſon utilité, lorſqu'il s'agit de chaſſer l'air infect de la chambre d'un malade, ſans introduire par les fenêtres ou la porte un courant d'air frais qui pourroit lui être nuiſible. La machine inventée par Deſaguillers pour purger les vaiſſeaux de l'air corrompu, eſt aſſez ſemblable à celle dont on vient de parler. Elle eſt fondée ſur les mêmes principes; & l'expérience a démontré que par ſon moyen on pouvoit entretenir un air pur dans les navires, & préſerver les hommes du ſcorbut. Ce Philoſophe ayant éprouvé ſa machine

en présence de plusieurs personnes; tout le monde loua cette invention; mais un ou deux vieillards, en convenant de son utilité, assurerent qu'ils étoient certains qu'on n'en feroit jamais un usage universel. Ne semble-t-il pas qu'on porte envie aux grands hommes, ou qu'on pense que les modernes ne peuvent trouver rien de bon?

Quòd si tam Græcis novitas invisa fuisset,
Quàm nobis, quid nunc esset vetus, aut quid haberet
Quod legeret, tereretque viritim publicus usus?
HOR.

Au reste, il est facile de comprendre qu'au lieu d'un tuyau on pourroit en adapter plusieurs sur la convexité du tambour; on pourroit même diriger le vent du tuyau sur la flamme d'une lampe, lorsqu'il est question d'augmenter son activité, afin de ramollir le verre des tubes qu'on veut fermer hermétiquement.

39. Supposons que *A a* (*fig.* 33) représente la ligne sur laquelle la terre tourne en 24 heures, cette ligne sera l'*axe* de notre globe, & les extrêmités *A* & *a* en seront les *poles*. Le cercle que décrira le point *n* en tournant, sera

sera d'autant plus grand, que ce point sera plus près du point *f* également distant des poles *A*, *a*. Le point *f* décrira une circonférence de cercle dont le plan passera par le centre *c*, & sera perpendiculaire à la ligne *A a* : c'est ce cercle qu'on nomme l'*Equateur*. Cela posé, si la terre a été originairement un globe fluide, on a demi-fluide *A d a D*, il est visible qu'en tournant sur l'axe *A a*, la force centrifuge a dû allonger le rayon *b m* de la circonférence que le point *m* tendoit à décrire ; car ce point étant attiré vers le centre de la terre avec une force que nous pouvons représenter par *m c*, & décomposer en *m p* & *m b*, il est visible que la force centrifuge augmentera le rayon *b m*. Par la même raison, le rayon *c d* du cercle que décriroit le point *d* sans l'action de la force centrifuge, sera augmenté par cette même force (1), & tous les points s'éloigneront de l'axe *A a*, de

(1) Si l'on se rappelle ce qu'on a dit ci-dessus (33), on comprendra aisément que les forces centrifuges des points *m* & *d* sont proportionnelles aux rayons *b m* & *c d* des cercles qu'ils tendent à décrire, ou aux lignes *b m* &

maniere que la terre ſera obligée de changer de figure ; le diametre de ſon équateur deviendra plus grand, & ſon axe *A a* diminuera ; ainſi la terre prendra la figure d'un ſphéroïde applati

---

c d qui ſont les ordonnées du cercle ; & qu'ainſi la courbe *A f a F*, qui repréſente la ſection de notre planete faite par un plan qui paſſe par les poles & ſon centre, eſt une ellipſe dont le grand axe *F f* eſt le diametre de l'équateur. Mais ſi l'on conçoit que lorſque la ſphere fluide commence à tourner, on lui ajoute une nouvelle matiere *m n*, *d f*, &c. de maniere que cette matiere puiſſe par ſon poids reſpectif compenſer la force centrifuge des colonnes *b m*, *c d*, &c. En ce cas il ne ſera pas néceſſaire que ces colonnes s'allongent par l'action de la force centrifuge.

Dans un ſphéroïde fluide & elliptique la direction de la gravité doit néceſſairement être par-tout perpendiculaire à la ſurface ; autrement les parties fluides ne ſauroient être en équilibre, & un corps placé ſur ſa ſurface ne ſauroit reſter en repos, mais il deſcendroit vers les parties les plus baſſes. L'on doit donc conclure que la direction de la gravité ſur la ſurface des planetes eſt perpendiculaire à leur ſurface, & que ſi la terre a été originairement fluide, elle a dû prendre en tournant ſur elle-même, la figure d'un ſphéroïde renflé vers l'équateur & applati vers les poles. Les Géometres ne ſont pas d'accord ſur la quantité de cet applatiſſement. Si l'on ſuppoſe que l'axe de la terre eſt à celui de l'équateur comme 230 à 231, l'équateur ſera plus élevé que le pole de 14199 toiſes. Muller prétend que ces axes ſont entr'eux dans le rapport de 215 à 216. M. Bouguet, dans ſa Figure de la Terre, établit ce rapport égal à celui de 178 à 179 ;

vers les poles & renflé vers l'équateur. Mais parce que la terre peut n'avoir pas été originairement fluide, qu'il n'est pas démontré qu'elle soit homogene, ni composée de couches

---

mais M. Newton trouve que ce rapport est le même que celui de 229 à 230; de sorte que les mesures prises par beaucoup de Savans en différentes parties du Monde, & avec tant d'éclat, n'ont pas abouti à grand'chose; & il est plus que vraisemblable que la vraie figure de la terre sera toujours inconnue.

La raison pour laquelle les Mathématiciens qui ont entrepris de mesurer la longueur d'un degré d'un méridien de la terre pour en conclure sa figure, ne s'accordant point entr'eux, vient ou de l'imperfection des instrumens que toute la sagacité humaine ne sauroit éviter, des erreurs géographiques qui peuvent aller à environ dix-huit toises, de l'attraction des montagnes qui peuvent déranger le fil d'applomb, & l'écarter un peu de la perpendiculaire, ainsi qu'on l'a observé au Pérou par rapport à la montagne Chimboraco, qui faisoit faire à ce fil un angle d'environ sept ou huit secondes avec la verticale. Il est aisé en effet de comprendre que le fil d'applomb *p m* (*fig.* 34) qui sans l'action de la montagne *a* seroit dirigé selon la verticale *m* C, c'est-à-dire vers le centre de la terre, s'en écartera d'autant plus que la force attractive de la montagne le poussera à gauche de cette ligne; mais parce que la masse & l'attraction de la montagne sont peu de chose en comparaison de la masse & de la force attractive de la terre entiere, cet écartement sera très-petit, souvent très-difficile, & même impossible à découvrir. Il est bien étonnant qu'avant d'entreprendre des travaux si pénibles, on n'ait pas prévu le peu d'utilité qu'on en retireroit.

d'une denſité uniforme, il n'eſt pas certain que ſa figure ſoit bien réguliere, & la quantité de ſon applatiſſement paroît être peu de choſe. Jupiter eſt beaucoup plus applati, parce qu'il tourne ſur ſon axe avec plus de vîteſſe que la terre; car il fait ſa révolution dans 9 heures 56 minutes, auſſi ſon axe eſt au diametre de ſon équateur comme 12 eſt à 13, tandis que l'axe de la terre eſt au diametre de l'équateur, ſi nous en croyons Newton, comme 229 eſt à 230. Mais ſi la terre étoit parfaitement ſphérique, la force centrifuge, qui, en s'éloignant des poles, va en augmentant vers l'équateur, rendroit les eaux de la zone torride plus légeres, de maniere que les eaux polaires refluant vers l'équateur, où elles trouveroient moins de réſiſtance, inonderoient les régions ſituées auprès de ce cercle.



CHAPITRE V.

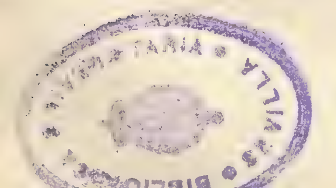
Des principales Machines.

40. L'*EFFORT*, ou pour parler comme les Méchaniciens, le *moment* qu'exercent des forces combinées d'une certaine maniere, eſt comme la force abſolue & l'eſpace que parcourroit, dans un temps déterminé, la maſſe ſur laquelle elle agit. Ainſi, en ſuppoſant qu'une certaine force peut produire dans une demi-ſeconde une vîteſſe de dix pieds par ſeconde, dans une maſſe de quatre livres, le *moment* ou l'effort de cette force ſera repréſenté par le produit de l'eſpace 10 par la maſſe 4, ou par 40; mais le temps étant ſuppoſé le même, ſi une autre force peut produire une vîteſſe de douze pieds par ſeconde, dans une maſſe de cinq livres, ſon moment ſera comme le produit de la vîteſſe (ou de l'eſpace 12), par la maſſe 5, c'eſt-à-dire, ſera comme 60. C'eſt pourquoi, ſi les vîteſſes de

deux corps ſont en raiſon inverſe de leurs maſſes, ou ce qui revient au même, ſi la maſſe du premier eſt à celle du ſecond comme la vîteſſe de celui-ci eſt à la vîteſſe de l'autre, & que les mouvemens, qui devroient avoir lieu ſi ces corps venoient à ſe mouvoir, ſoient oppoſés, ils ſe détruiront mutuellement, parce qu'ils ſeront égaux; & les corps reſteront en repos.

Les *machines* ſont des inſtrumens propres à aider les forces de l'homme: on s'en ſert dans toute ſorte d'arts.

41 Le *levier mathématique* eſt une ligne roide, inflexible, ſans gravité, appuyée ſur un point fixe qu'on nomme *point d'appui*, autour duquel elle peut ſe mouvoir: c'eſt la principale des machines. On en diſtingue de trois eſpeces; dans la premiere, le point d'appui *F* (*fig.* 35) eſt ſitué entre la réſiſtance ou le fardeau qu'on veut élever, & la puiſſance *A*; dans la ſeconde eſpece, le poids ſe trouve placé entre la puiſſance & le point d'appui (*fig.* 36); mais dans la troiſieme eſpece (*fig.* 37), la puiſſance eſt ſituée entre le point



d'appui & la résistance. Il n'y a dans la nature aucun levier mathématique & sans pesanteur; de maniere que dans la pratique il faut avoir égard au poids des bras ou rayons de cet instrument.

Lorsqu'on suspend deux poids à un levier du premier genre, on peut regarder celui qu'on veut comme la résistance, en considérant l'autre comme la force motrice; car la puissance étant une force qu'on applique pour mouvoir la résistance, ou pour la vaincre, le poids d'un corps peut, par la force de la gravité, vaincre la résistance d'un autre poids.

42 Selon ce que nous avons dit ci-dessus (28), si deux corps *t* & *a*, considérés comme deux points pesans d'un volume infiniment petit, sont attachés aux extrêmités d'un levier mathématique, mobile autour d'un point, & ont des masses en raison inverse de leurs distances à ce point, ils seront en équilibre, leurs forces étant égales & opposées. Il en sera de même évidemment si les poids *P*, *p* (*fig.* 38) sont suspendus à des fils dont les extrêmités *B*, *A* soient tellement éloignées du point fixe *F*,

que la diſtance *B F* ſoit à la diſtance *F A*, comme la maſſe *p* eſt à la maſſe *P*. En effet, ſi nous ſuppoſons que le poids *P* eſt de deux livres, *p* étant d'une livre, la diſtance *B F* d'un pied, & la diſtance *F A* de deux pieds, il eſt viſible que ſi ces maſſes venoient à ſe mouvoir de maniere que la maſſe *P* enlevât la maſſe *p*, les points *B* & *A* parcourroient des arcs *B b*, *A a*, qui, à cauſe des figures ſemblables, *B b F*, *A a F*, ſeroient entr'eux comme les rayons *B F*, *A F*, ou comme 1 eſt à 2; de ſorte que les eſpaces parcourus par ces points, auſſi-bien que par les corps *P* & *p*, ſeroient entr'eux comme 1 à 2; ainſi la maſſe $P = 2$, étant multipliée par la vîteſſe 1, donneroit le même produit que la maſſe $p = 1$, multipliée par la vîteſſe 2; donc les mouvemens oppoſés que ces maſſes devroient avoir étant égaux, ſe détruiroient mutuellement, & ces corps reſteroient en repos.

Si nous ſuppoſons que le levier *B A* ſoit une barre de fer d'une groſſeur uniforme, qui peſe trois onces, par exemple, le bras *FA* aura ſon

centre de gravité en *d*, à la diſtance d'un pied du point d'appui ; & le bras *B F* aura ſon centre de gravité en *n*, à la diſtance d'un demi-pied du même point, & l'on pourra conſidérer toute ſa matiere comme concentrée dans ce point, auquel, ſi l'on applique un poids *n* de trois onces, l'action du bras *B F* & de ce poids, ſera comme la maſſe 4 (de ce poids joint à celui du bras), par la diſtance ſix pouces, ou par *n F*, c'eſt-à-dire, ſera comme 24 ; mais le poids 2 onces (du bras du levier *F A*), multiplié par la diſtance *F d* de 12 pouces, ſera auſſi = 24 ; ainſi les bras du levier ſeroient en équilibre, en ſuppoſant que les poids *P*, *p* fuſſent anéantis. C'eſt pourquoi ſi l'on ſuſpend ces poids aux extrêmités du levier *B F A*, dont les bras ont été d'abord mis en équilibre de la maniere qu'on vient de le dire, on pourra regarder enſuite ce levier comme ſans peſanteur, & les choſes ſe paſſeront comme s'il étoit mathématique. Dans la ſuite nous ſuppoſerons que l'on ait ainſi réduit le levier, de maniere qu'on puiſſe le

considérer comme sans pesanteur.

Il suit delà qu'un corps d'une livre peut faire équilibre avec un corps d'un million de livres, si le bras du levier du second corps est supposé un million de fois plus petit que celui du premier; & un corps d'une livre, suspendu à un bras de levier de 1000001 pouces, enleveroit un corps de 1000000 livres, suspendu à un bras d'un pouce, du moins, abstraction faite du frottement sur le point d'appui.

43. Dans le levier du second genre (*fig.* 36), si la distance *AF* est supposée double de la distance *BF*, il faudra une puissance équivalante à une livre, pour soutenir le poids *P* de deux livres, parce que le poids agit avec un bras de levier sous double de celui de la puissance; de maniere que dans cette espece de levier la puissance a de l'avantage; & il ne peut y avoir équilibre qu'autant que les distances de la puissance & du poids, (qu'on considere comme placé en *B*), sont en raison inverse l'une de l'autre. La même chose a lieu dans le levier du troisieme

genre (*fig.* 37) ; mais dans celui-ci la puiſſance a du déſavantage ; & pour qu'il y ait équilibre, il eſt néceſſaire que la puiſſance ſoit d'autant plus grande qu'elle eſt plus près du point d'appui.

Quand il s'agit d'eſtimer la diſtance d'un corps (*fig.* 39) au point d'appui, on doit mener une perpendiculaire *F A* ſur la direction *A p a* de ce corps, direction qui eſt repréſentée par une ligne verticale ou perpendiculaire à l'horizon ; de maniere que le mobile *p* ſera également en équilibre avec le corps *P*, en quelque point de la ligne *A a* qu'on le place. C'eſt pourquoi il y aura également équilibre en plaçant ce corps en *p* ou en *a*, pourvu que la diſtance de la ligne *a p*, (prolongée s'il le faut), par rapport au point *F*, ſoit toujours la même. Ainſi, en ſupprimant le bras *F A*, il y aura équilibre dans le levier anguleux *B F p*, pourvu que *P* ſoit à *p* comme la diſtance *F A* eſt à la diſtance *F B*, quoique *F p* ſoit une ligne plus longue que *F A* ; ce qui fait voir qu'une puiſſance agit avec le plus d'avantage

poſſible, lorſque ſa direction eſt perpendiculaire au bras du levier auquel elle eſt appliquée; parce que dans ce cas la diſtance de ſa direction au point d'appui eſt meſurée par le bras même du levier, c'eſt-à-dire, par la plus longue ligne poſſible. S'il s'agit d'un bras de levier courbe, *F m A* (*fig.* 40), on ne doit avoir égard qu'à la longueur *F A*; c'eſt-à-dire, qu'on doit eſtimer ſa longueur par une ligne droite, tirée du point *F* au point *A*.

44. Les Maçons, les Charpentiers, qui ont à remuer des grandes pierres, ou des groſſes pieces de bois, font ſouvent uſage d'un inſtrument qu'ils appellent *pied-de-chevre*. C'eſt une barre de fer un peu coudée & applatie par un bout. Souvent après avoir engagé l'extrêmité applatie ou *la pince*, entre la piece qu'on veut remuer & le terrein ſur lequel elle repoſe, on appuie le coude *A* ſur quelque corps dur (*fig.* 41), par exemple, ſur un caillou ou un morceau de bois, & alors, en appuyant ſur l'autre bout *B* de la barre, on ſouleve le fardeau, afin de faire gliſ-

ſer deſſous un rouleau ou une corde. D'autres fois (*fig.* 42), en ſoulevant la barre, on fait effort contre la partie *C* qui repoſe deſſus. Il eſt viſible que dans le premier cas le pied-de-chevre eſt un levier de la premiere eſpece, dans lequel le point d'appui *A* ſe trouve placé entre la puiſſance & la réſiſtance; mais dans le ſecond cas cet inſtrument repréſente un levier de la ſeconde eſpece, puiſque la réſiſtance eſt placée en *C* entre la puiſſance & le point d'appui qui eſt ici le bout de la pince appuyé ſur la terre. Comme le bras auquel la puiſſance eſt appliquée eſt fort long par rapport à la pince, la puiſſance a un très-grand avantage par ſa poſition.

45. On peut auſſi conſidérer les rames des Bateliers comme des leviers du ſecond genre, qui ont leur point d'appui dans l'eau, la puiſſance étant appliquée à l'autre bout, & le point où le bateau rencontre la rame repréſentant la réſiſtance. Le couteau du Boulanger repréſente encore un levier du ſecond genre, lorſqu'étant arrêté par un bout ſur une table, & tournant autour d'un point fixe, le Boulanger qui tient le manche, pouſſe

le tranchant contre un pain qu'il veut couper en deux. Mais la bascule est un levier du premier genre, qu'il est facile de concevoir en se représentant une piece de bois, appuyée par son milieu, & portant à chacune de ses extrêmités un homme qui enleve l'autre lorsqu'en touchant le terrein d'un pied, il soulage d'une partie de son poids le bout du levier qui le porte. Les pinces, les pincettes, les tenailles, les ciseaux, sont des leviers assemblés par paires; le clou, ou ce qui en tient lieu, est un point fixe, commun aux deux branches; ce que l'on serre, ou ce que l'on coupe, est la résistance; & la main qui conduit les branches, représente la puissance. Dans les cisailles des Ferblantiers ou des Chauderonniers, qui doivent couper des métaux très-durs, les branches sont fort longues par rapport aux parties tranchantes qu'on appelle les *couteaux*; de cette maniere la puissance peut vaincre une grande résistance, parce qu'elle agit par des bras de levier fort longs. Les doigts, les bras, les jambes des animaux, sont encore des bras de leviers, ou des assemblages

ou ſyſtêmes de leviers, par le moyen deſquels les muſcles font mouvoir le corps d'une maniere aiſée & avantageuſe. Mais il eſt très-difficile de déterminer par un calcul exact la force que les muſcles emploient en action, leur effet étant aſſez petit relativement à tout leur effort, ce qui vient de leur ſituation, de la maniere dont ils agiſſent pour faire mouvoir les os, des angles que font leurs fibres avec leur tendon total, &c. Et on doit regarder comme peu rigoureuſes les eſtimations de ceux qui ont voulu déterminer la force muſculaire par des calculs fondés ſur les loix de la méchanique.

46. Les *manivelles* ſont encore des eſpeces de leviers dont on ſe ſert pour faire tourner une machine autour d'un *eſſieu*. Mais comme dans ce mouvement l'homme ne tire pas toujours la manivelle dans une direction perpendiculaire à la ligne *A a* (*fig.* 43), il y a pluſieurs ſituations dans leſquelles il agit avec déſavantage. C'eſt peut-être pour cette raiſon, que dans les machines qu'on fait mouvoir avec deux manivelles, on oppoſe ſouvent

la longueur de l'une à celle de l'autre, afin que de deux perſonnes qui les menent, l'une ſe trouve dans une poſition favorable, tandis que l'autre a du déſavantage. Mais il eſt facile de comprendre que les manivelles auroient une ſituation plus avantageuſe, ſi elles faiſoient enſemble un angle droit; car alors un des hommes ſe trouveroit avoir de l'avantage, lorſque l'autre auroit du déſavantage, & les forces réunies produiroient à peu près le même effet pendant tout le temps du travail.

On emploie ſouvent des manivelles coudées (*fig.* 44), ou des leviers angulaires, ſoit pour les pompes, pour le mouvement des ſonnetes qu'on place dans les appartemens, & dans d'autres occaſions où l'action de la cauſe motrice ne peut ſe tranſmettre que d'une maniere indirecte. Il eſt aiſé de comprendre que ſi une puiſſance agit dans la direction *AB*, pour faire tourner ſur le point *F* le levier coudé *AFG*, afin de vaincre une réſiſtance qui agit ſelon la ligne *CD*, elle ne perdra rien de ſon intenſité, parce que les directions *AB*,

CD étant également inclinées aux bras du levier AFC, (comme nous le ſuppoſons ici), les choſes ſe paſſeront comme ſi le levier étoit droit, & que la puiſſance & la réſiſtance euſſent des directions perpendiculaires à ce levier; c'eſt pourquoi ſi la puiſſance perd une partie de ſa force, le tiers, par exemple, par le vice de la direction de ſon effort, la réſiſtance perdra de même une partie ſemblable de ſa force.

La théorie du levier fléchi eſt très-propre à nous faire comprendre pourquoi la maſſe étant ſuppoſée la même, les os des animaux qui ont une cavité, ſont plus forts que s'ils n'en avoient pas. Soit un os creuſé $a\,b$ (*fig.* 45), toute la force de ſes fibres peut être conçue comme raſſemblée dans le point m de l'axe qui répond au point d'appui F. Il eſt évident que le nombre des fibres étant ſuppoſé le même, la diſtance $m\,F$ eſt plus grande lorſque l'os eſt creuſé, que quand il n'a point de cavité; & que la force relative du poids p, qui tend à ſéparer ſes fibres par le moyen du levier angulaire $n\,F\,m$, eſt moin-

dre que si le bras Fm, par le moyen duquel l'os $a\,b$ résiste à l'action du poids p, étoit plus court. C'est pour cela que l'Architecte de l'univers a donné une cavité aux chalumeaux du bled, aux plumes des oiseaux, & à d'autres corps qu'il convenoit de rendre légers en leur laissant cependant une certaine fermeté.

Lorsque deux hommes portent un fardeau suspendu au milieu d'un bâton de six pieds de longueur, par exemple, ils exercent des efforts égaux. Si le fardeau est de 300 liv. & que l'un des deux n'ait qu'une force de 100 livres tandis que l'autre peut faire un effort de 200 livres, il faudra que le fardeau soit placé à deux pieds de ce dernier, parce qu'en agissant par le moyen d'un levier deux fois plus court que l'autre, il portera deux fois plus de poids. Lorsqu'un charpentier porte une solive posée sur une de ses épaules par le milieu de sa longueur, il ne porte que le poids de la solive, comme le point d'appui d'un levier du premier genre ne porte que la valeur de deux poids suspendus à ses extrê-

mités; mais s'il la posoit aux deux tiers, par exemple, de sa longueur, il seroit obligé pour l'empêcher de tomber, de la retenir avec un de ses bras ou avec tous les deux par le bout le plus court; & cet effort seroit équivalent à un poids qui feroit équilibre avec l'excès de la longueur qu'auroit la solive du côté opposé; & l'épaule du porteur seroit inutilement chargée de ce nouveau poids.

47. La *Balance* n'est qu'un levier du premier genre; ses usages & sa figure sont assez connus. Il est encore assez peu nécessaire que nous avertissions que le peson ou la *Balance romaine* est un levier de la premiere espece dont on se sert pour peser des corps d'une masse considérable : cette machine est connue de tout le monde.

48. La *Poulie* n'est autre chose qu'une roue solide, dans la surface convexe de laquelle on a tracé une gorge circulaire. Lorsque la poulie *F* (*fig.* 46) est seulement mobile sur son centre, (c'est ce qu'on appelle la *poulie immobile*), la puissance doit être égale à la résistance, dans le cas

de l'équilibre; car cette machine peut être considérée comme un levier du premier genre dont les bras *m F* & *n F*, par le moyen desquels la puissance & la résistance agissent mutuellement l'une contre l'autre, sont égaux. Mais si la poulie est mobile, (*fig.* 47), & que la puissance *A* veuille élever le poids *p* par le moyen de cette machine, dans la direction *n A* parallele à *T m*; il est visible qu'alors la poulie en montant, tournera sur le point *m*, & que le bras *m n* par le moyen duquel la puissance agit, sera double du bras *m f*, par le moyen duquel la résistance exerce son action; c'est pourquoi une puissance comme 1 peut faire équilibre à une résistance comme 2. Mais si les poulies sont disposées comme dans la figure 48, qui représente un assemblage ou *systême des poulies*, qu'on appelle *poulies mouflées*, il est visible que le fardeau est soutenu par les quatre cordons 1, 2, 3, 4, de maniere que chacun en porte le quart; ainsi la puissance *A* appliquée au cordon 5, ne soutient que le quart du poids; & l'on voit en général qu'il

doit y avoir équilibre dans cette machine, lorſque la puiſſance eſt au poids comme l'unité eſt au double des poulies mobiles *m* & *n*, de ſorte que s'il y avoit trois poulies mobiles, une puiſſance d'une livre feroit équilibre à une puiſſance de ſix livres.

Il y a pluſieurs autres manieres de diſpoſer les poulies pour augmenter l'avantage de la puiſſance; mais les principes précédens fourniront facilement l'explication de tous les phénomenes que ces machines peuvent produire. Ainſi dans la figure 49, par le moyen de la poulie immobile *F* & de la poulie de renvoi *f*, une puiſſance *A* qui agit dans une direction horizontale, peut élever le fardeau *p* dans la ligne verticale *p m*, en conſervant toute ſon intenſité; mais ſi l'on a deux plans circulaires collés l'un à l'autre, & avec des gorges, de maniere qu'un mobile *P* (*fig.* 50), agiſſe par le moyen d'un cordon *i P*, attaché à la circonférence de la plus petite poulie, tandis que le cordon *n p* eſt attaché à la circonférence de la grande, la ligne *i m n* paſſant pas le centre *m* de ces poulies, je dis

qu'il y aura équilibre, si la masse P est à la masse *p* comme le rayon *m n* de la grande poulie est au rayon *m i* de la petite ; ce qui est évident, puisque la ligne *i m n* est évidemment un levier du premier genre, qui a son point d'appui en *m*. Ainsi par le moyen d'une poulie qui auroit des gorges dont les diametres seroient differens, on pourroit facilement mettre en équilibre des puissances inégales. Ceci peut servir à faire concevoir pourquoi le diametre de la fusée *M N* (*fig.* 51) d'une montre, va en augmentant à proportion que la chaînette se dévide pour envelopper le cylindre *B D*, qui fait tourner le grand ressort ; car l'action de ce ressort s'affoiblit à proportion qu'il se débande ; mais le rayon du levier augmente, (si la fusée est bien faite & bien proportionée), dans le même rapport ; de maniere que lorsque l'action absolue du ressort devient deux fois plus petite, le levier par lequel il agit, devient deux fois plus long; ce qui fait que le mouvement du rouage reste uniforme : mais il n'est pas aisé d'obtenir une exactitude ri-

goureuſe, parce qu'il eſt très-difficile de connoître le rapport juſte dans lequel décroît la force d'un reſſort qui ſe débande.

49. Le *Tour* ou le *Treuil*, eſt un cylindre horizontal, dont l'axe phyſique *HI* tourne ſur deux appuis convenables (*fig.* 52). On adapte des leviers ou bâtons qui font des angles entr'eux & qui paſſent par l'axe, on les nomme *rayons*. Une des extrêmités d'une corde qui porte un poids *R*, eſt attachée à ce poids, & l'autre à la ſurface du cylindre, qui en tournant par l'action des puiſſances appliquées aux leviers *MC*, *MB*, &c. enleve le poids *R*, lequel n'agit que par un levier égal au rayon du cylindre. Ainſi en ſuppoſant une puiſſance appliquée en *C*, il y aura équilibre dans cette machine, (qu'on peut rapporter à un levier du premier genre), lorſque la puiſſance ſera au poids, comme le rayon du cylindre au rayon *MC*.

Il n'y a d'autre différence entre le treuil & le vindas ou cabeſtan, qu'en ce que dans cette derniere machine le cylindre eſt vertical, tandis

qu'il eſt horizontal dans l'autre (*fig.* 53).

L'axe dans le tour (*fig.* 54), ne differe du treuil qu'en ce que dans la premiere machine, il y a une roue ſolide armée de leviers ; quelquefois au lieu de cette roue, on lui en applique une concave dont la circonférence porte des chevilles ou des dents, ou qui eſt aſſez large & aſſez ſolide pour permettre à pluſieurs hommes d'y marcher dedans, & de faire ainſi tourner cette machine.

50. *Les roues dentées*, ſont des roues ſolides qui portent à leur circonférence des éminences qu'on appelle *dents*. La premiere partie de la machine eſt une roue *S* (*fig.* 55), que j'appellerai *manivelle*, dont l'axe porte une petite roue dentée qu'on appelle *pignon*, dont les dents engrainent celles de la roue ſuivante, dont le pignon *Y* peut faire tourner, (en ſe mouvant), la roue dentée *V* ; & ſi cette roue eſt la derniere, elle porte un axe ou tambour d'un certain diametre, autour duquel doit ſe rouler une corde deſtinée à enlever un poids

R,

R; par l'action de la puissance *P*, qui agit sur la roue *S*, par le moyen de la corde *BP*. Supposons que les rayons des roues *S*, *T*, *V*, soient chacun de dix pouces, les rayons de leurs pignons étant d'un pouce : je dis qu'il y aura équilibre dans cette machine, lorsque la puissance sera au poids à élever ou à la résistance, comme le produit des rayons des pignons & du tambour, au produit des rayons des roues, c'est-à-dire ici, comme le produit de 1 par 1 & par 1, au produit de 10 par 10 & par 10, ou comme 1 est à 1000 (1); car la puissance *P* comme 1, agit d'abord par le moyen d'un levier *XB* comme 10, ce qui décuple sa force, de sorte que cette force à l'extrêmité *t* du levier *Xt*, est comme 10. Cette force 10 agissant par le moyen d'un levier *tY* comme 10, est encore décuplée & devient égale à 100; cette force 100 transmise à

---

(1) 1 multiplié par 1 donne 1, qui étant encore multiplié par 1 donne 1 ; mais 10 multiplié par 10, ou 10 fois 10 donnent 100, & 100 multipliés par 10, ou 10 fois 100, font 1000.

l'extrêmité *n* du levier *Y n* comme 1, agit par le moyen du levier *n Z* comme 10, ce qui la rend encore dix fois plus grande; ainsi elle devient = 1000. Le poids *R* de 1000 livres au contraire, résiste par l'action d'un levier *m Z* comme 1, qui transmet la dixieme partie de sa force à l'extrêmité *n* du levier *n Y* aussi comme 1, par supposition; ainsi sa force est alors la dixieme partie de 1000, c'est-à-dire, est = 100. Cette force 100 appliquée en *n* & transmise en *t* à l'extrêmité d'un levier dix fois plus long que *n Y*, devient dix fois plus petite, ou devient = 10; & cette force 10 agissant avec un levier *t X* = 1, contre la force *P* = 1, qui résiste avec un levier *X B* comme 10, doit lui faire équilibre. (1) Par un raisonnement semblable, on prouvera que quel que soit le nombre des roues dentées, *il y aura équilibre dans cette machine, toutes les fois que la puissance sera à la résistance comme le produit des rayons des pignons & du*

---

(1) Le cric (*fig.* 56) est une machine qu'on peut facilement rapporter aux roues dentées; elle

tambour, au produit des rayons de toutes les roues.

51. A l'égard du plan incliné (*fig.* 21), nous avons prouvé (n. 23) que la force respective qui pousse le mobile le long de ce plan, est à la force absolue qui le pousseroit le long d'un plan vertical, comme la hauteur du plan incliné est à sa longueur. C'est pourquoi, *si la force ou puissance* P *qui tire le corps a selon la direction* a P *parallele au plan incliné, est exprimée par la hauteur* f m, *& que le poids de la masse* a *soit représenté par la longueur* f n, *il y aura équilibre*; car si *f m* est

est très-utile pour élever ou pour soutenir des grands fardeaux avec une puissance médiocre. Elle est composée ordinairement d'une manivelle *A M N P*, qui porte un pignon *P* qui engraine la barre dentée *D C*, qu'on nomme la *crémaillere*, & qui est contenue en partie dans une piece de bois creusée, & dans laquelle elle peut se mouvoir de haut en bas & de bas en haut. La puissance agissant par le moyen de la manivelle dont le rayon est *M N*, & la barre résistant par le moyen d'un lévier dont la longueur est le rayon du pignon, il doit y avoir équilibre, (en considérant la barre sans pesanteur), lorsque la force appliquée à la manivelle est au poids qu'on veut élever par le moyen de la barre *D C*, comme le rayon du pignon est à celui de la manivelle, qu'on doit faire beaucoup plus grand que celui du pignon.

la moitié de fn, la puissance P qui fait un effort comme 1, retiendra une masse a supposée comme 2; parce que la force respective avec laquelle cette masse tend à descendre, est à son poids total comme fm est à fn, ou ici, comme 1 est à 2; de sorte que le poids a n'agit qu'avec la moitié de sa force absolue.

52. Le *Coin* est un espece de triangle solide dont on se sert pour fendre du bois ou pour d'autres usages. Pour nous former une idée des avantages de cette machine, & pour connoître les effets qu'on peut en attendre, nous ferons attention à un principe de méchanique qu'on ne sauroit révoquer en doute, le voici : *L'équilibre ne peut avoir lieu qu'entre deux puissances telles, que si on les mettoit en mouvement, les espaces qu'elles parcourroient en même temps, seroient tels que le produit d'une puissance, par l'espace qu'elle parcourroit, seroit égal au produit de l'autre puissance par l'espace qu'elle décriroit*. Cela posé, supposons un coin anm tel que l'angle anm soit droit (*fig.* 57). Si l'on pousse le coin sous le corps p qui, étant retenu par l'obs-

tacle *b d*, ne peut que s'élever du côté de *d*, il est visible que lorsque la puissance aura fait parcourir la ligne horizontale *n m* au coin, le corps *p* se sera élevé à la hauteur *a n*. C'est pourquoi, *si la hauteur* a n *est à la longueur* m n *du coin, comme le poids* p *est à la puissance, il y aura équilibre dans ce cas.* Lorsqu'on veut employer le coin à fendre du bois, on le fait double, c'est-à-dire, qu'on joint deux coins ensemble (*fig.* 58) : *a f* représente la base, & la ligne *m n* la hauteur du coin. Si l'on veut séparer, à l'aide de cette machine, deux corps égaux *p* & *P* qui ne peuvent que glisser horizontalement, il est visible que pendant que la puissance appliquée en *n* parcourra la hauteur *n m* du coin, chacune des résistances *p* & *P* parcourra un espace égal à la demi-base *a n* du même coin; c'est pourquoi l'on peut considérer les choses de la même maniere que si la résistance totale parcouroit la même demi-base, tandis que la puissance motrice parcourt la hauteur.

Aussi Desaguilliers établit que l'équilibre doit avoir lieu dans cette derniere machine, lorsque la puis-

ſance eſt à la réſiſtance, comme la moitié de la baſe du coin eſt à ſa longueur *m n*. Si l'on fait attention que dans le bois qu'on fend, les fibres réſiſtent plus ou moins, qu'elles ne ſont pas toujours également flexibles, que la force d'une piece de bois varie dans les différens points de ſa longueur; que ſes parties à demi-ſéparées, ſe fléchiſſent & font effort pour tourner autour d'un point inconnu, ſitué au-delà de l'extrêmité du coin, on conviendra que la théorie phyſique de cette machine eſt très-imparfaite, & qu'elle le ſera toujours. Les raſoirs, les couteaux, les haches, les cloux, les griffes & les becs des oiſeaux ſont des eſpeces de coins propres à diviſer les corps.

53. La *vis* (*fig.* 59) eſt une eſpece de cylindre, & quelquefois un cône revêtu d'un cordon ou même d'un filet qui a une figure ſpirale. L'intervalle qui ſépare deux ſpires conſécutives, s'appelle *pas* de la vis. On pratique auſſi ce filet & cette gorge dans une cavité cylindrique, pour ſe procurer une vis intérieure, de maniere que le filet de l'une de ces machines

puisse se mouvoir dans la gorge de l'autre; & alors celle qui est creuse prend le nom d'écrou. Avec un peu d'attention on comprendra facilement que, pendant que la puissance *P*, appliquée à l'extrêmité du levier, fait un tour, la vis descend ou monte dans l'écrou de la hauteur d'un pas; & comme ces pas sont fort peu de chose, en les comparant avec l'espace que la puissance parcourt, une petite puissance peut mouvoir au moyen de cette machine un poids considérable. *Car dans le cas de l'équilibre, la puissance est à la résistance comme l'espace que celle-ci parcourroit, si la machine étoit en mouvement, a l'espace que la puissance devroit parcourir dans le même temps.* On fait usage de ces sortes de machines dans les étaux des serruriers pour pousser l'une des machoires contre l'autre; & quand le corps est ainsi serré entre les deux machoires de l'étau, le frottement de la vis empêche que la machoire mobile ne s'écarte de l'autre. Les meches des vrilles & des tarieres sont des especes de vis qu'on peut considérer comme des coins tournans, dont l'angle ouvre

le bois avec d'autant plus de facilité qu'il est plus aigu.

54. *La vis sans fin* (*fig.* 60) est une machine composée d'une vis dont le cylindre tourne sur deux pivots, & dont les filets menent en tournant une roue verticale dont ils engrainent les dents. Cette roue porte un rouleau avec une corde à laquelle on attache un poids qu'on veut élever. L'on peut vaincre avec cette machine une très-grande résistance par le moyen d'une force peu considérable. Supposons que le rayon de la roue soit trois fois plus grand que le rayon *E A* du rouleau; un poids *R* de 300 livres, agissant par le moyen d'un levier *Em* comme 1, sur le levier *En* comme 3, une force comme 100 appliquée en *n* tiendroit le poids *R* en équilibre. Cette action 100 appliquée en *n* doit soutenir l'effort d'une puissance *P* qui feroit un tour pour faire passer une dent de la roue; de maniere que si la roue a 100 dents, la puissance fera 100 tours, tandis que la roue en fera un; c'est pourquoi la force *P* comme 1, appliquée en *P* & agissant par le moyen d'une manivelle convenable, pour-

ra faire équilibre avec la résistance 100 appliquée en *n*; ainsi une force comme 1 pourra faire équilibre avec une résistance *R* comme 300. *En général il y aura équilibre dans cette machine, lorsque la puissance sera à la résistance, comme le produit du rayon du rouleau par la longueur du pas de la vis, au produit de la circonférence que décrit la manivelle par le rayon de la roue dentée.* Mais il est visible que si la puissance gagne d'un côté, elle perd beaucoup par le temps qu'elle doit employer à élever le poids *R*, puisqu'elle doit faire un tour entier pour faire passer une dent de la roue.

55. Nous ne devons pas passer sous silence la *vis* ingénieuse d'*Archimede*: c'est un cylindre incliné à l'horizon, qui tourne sur deux pivots, accompagné d'un canal spiral qui l'enveloppe. Un corps grave placé à l'embouchure *C* (*fig.* 61) tombe en *D* par son propre poids; la vis, en tournant, fait passer le corps de *D* en *c*, d'où il tombe en *d*; en continuant à tourner, on lui fait parcourir la longueur de la vis de bas en haut. Si la partie

inférieure de cette machine eſt plongée dans l'eau, le canal ſe remplira à meſure qu'on le fera tourner, & produira un écoulement par la partie ſupérieure. On peut ſe ſervir de cette machine pour deſſécher un terrein; cependant parce qu'elle doit néceſſairement être inclinée, on ne pourroit élever l'eau à une grande hauteur ſans lui donner beaucoup de longueur & de peſanteur; mais alors elle court le riſque de perdre ſon équilibre & de ſe courber.

56. Lorſqu'il s'agit de produire un effet par le moyen des machines dont on vient de parler ou par d'autres qui en ſeroient compoſées, il faut employer une plus grande force que dans le cas de l'équilibre, & on doit avoir égard au frottement; car les Phyſiciens ont trouvé par beaucoup d'expériences que la force néceſſaire pour vaincre le frottement eſt ſouvent le tiers de la preſſion; de maniere que pour faire gliſſer un corps *m* (*fig.* 62) ſur une table horizontale *a b*, il faut que le poids attaché à la corde *p d t*, qui paſſe ſur la poulie de renvoi *n*, ſoit le tiers environ de celui de *m*. Ils

disent que le frottement n'augmente pas par la vîtesse ; qu'il est indifférent que la surface frottante soit plus ou moins grande ; cependant cela n'est vrai qu'à peu près, & non exactement.

Le frottement d'un corps rond, tel qu'un cylindre ou un globe qui toune sur une table horizontale, est beaucoup plus petit que si ce corps glissoit sans tourner ; parce que le tournoiement tend à dégager les aspérités du corps qui frotte de celles de l'autre corps. C'est la raison pour laquelle dans les descentes trop rapides on ralentit la vîtesse d'une charrette en enrayant les roues. On diminue le frottement en polissant les corps, en les frottant de graisse ou d'huile, & en faisant frotter des surfaces de nature différente, comme par exemple du cuivre sur du fer ; les parties de la graisse empêchent que les surfaces ne s'appliquent si exactement, & que les aspérités de l'une ne s'engagent trop entre celles de l'autre. Les aspérités de deux corps de nature différente, n'étant pas de la même grosseur, de la même figure, de la même longueur, les espaces qu'elles laissent entr'elles ne peuvent

pas être ſi exactement remplis par les éminences de l'autre corps.

57. La roideur des cordes produit encore un effet qu'on ne doit pas négliger; puiſque l'expérience apprend que, dans les cas les plus ordinaires, elle augmente d'environ un tiers la réſiſtance ſur laquelle on doit faire agir la force motrice. La réſiſtance qui vient des cordes augmente à peu près comme le diametre des cordes, comme les poids qui les tendent, & elles ſe plient d'autant plus difficilement, que le diametre du cylindre ou de la poulie, ſur leſquels on les fait tourner, eſt plus petit; quoique cependant cette derniere réſiſtance n'augmente pas exactement comme les diametres décroiſſent. *L'on peut donc aſſurer que les réſiſtances que produiſent les roideurs de deux cordes qu'on fait tourner ſur deux cylindres différens, ſont entr'elles à peu près comme les produits des diametres de ces cordes par les poids qui les tendent, diviſés par les diametres des cylindres ſur leſquels on les fait tourner.* Or Deſaguilliers a trouvé par expérience que la roideur d'une corde d'un demi-pouce de diametre,

roulée autour d'un cylindre d'un pouce & demi de diametre, & tendue par un poids de 60 livres, faisoit une résistance de 75 onces. Il n'est pas nécessaire de prévenir le Lecteur que plus une corde est souple, moins elle produit de résistance (1).

SECTION II.

L'HYDRODINAMIQUE; ou la Méchanique des Corps Fluides.

1. L'*Hydrodinamique*, ou la science des fluides, peut se diviser en deux parties; la premiere, que les

[Ceux qui ne connoissent pas la regle de trois, peuvent passer la note suivante qui n'est pas essentielle].

(1) Le frottement modifie beaucoup les effets des machines, & l'on ne peut se dispenser d'y avoir égard, quand on veut calculer leurs effets avec une certaine précision. Le frottement provient de la résistance qu'il faut surmonter pour faire mouvoir un corps sur un autre; & cette résistance produite par l'adhésion mutuelle des parties saillantes d'un corps & des parties rentrantes de l'autre, varie

Physiciens appellent *Hydrostatique*, traite de l'équilibre des fluides ; la seconde, connue sous le nom d'*Hydraulique*, s'occupe de leur mouve-

---

presque d'une infinité de manieres. Le frottement suit à peu près le rapport de la pression, & la grandeur des surfaces paroît y entrer pour peu de chose. En effet, si d'un d'un côté les points d'appui sont plus nombreux, cela est compensé à peu près de l'autre côté par la diminution du poids que chacun doit soutenir. Il paroît encore que le temps influe sur cette cohésion réciproque des corps, puisque que leurs éminences & leurs cavités s'engagent davantage les unes dans les autres quand elles éprouvent plus long-temps les effet de la pression ; & delà vient, dit-on, qu'un corps mis une fois en mouvement, n'éprouve plus autant de résistance qu'il en éprouvoit au moment où il a commencé de se mouvoir. Les divers degrés de température & d'humidité de l'atmosphere, & les divers degrés de force d'attraction qu'il y a entre certains corps, contribuent beaucoup à rendre variables les effets du frottement. On ne doit pas non plus oublier le poli des surfaces qui est susceptible d'une si grande variété. Quiconque réfléchira sur tant de causes différentes qui peuvent influer sur le frottement, conviendra qu'il est presqu'impossible de les soumettre à un calcul rigoureux fondé sur des principes incontestables. On ne manque pas de moyens pour diminuer le frottement des corps, soit en les séparant par des rouleaux, soit

ment & de leur résistance. Parmi les fluides, il y en a d'élastiques, tels que l'air ; il y en a d'autres, qui étant comprimés, ne donnent aucun signe d'élasticité comme l'eau.

---

en les oignant de quelque matiere grasse, ou en évitant de faire mouvoir des corps homogenes les uns sur les autres. « Car l'expérience prouve que des métaux différens se meuvent avec plus de facilité, soit en glissant, soit en tournant, & s'usent par conséquent beaucoup moins en frottant l'un contre l'autre que diverses parties du même métal que l'on feroit mouvoir les unes sur les autres. L'acier, par exemple, se meut plus facilement sur du cuivre que sur de l'acier. Il y a même du choix à faire parmi les corps hétérogenes pour faciliter de plus en plus leur mouvement ; ainsi l'acier tourne plus aisément dans du cuivre jaune que dans du cuivre rouge, que dans du plomb ou de l'étain. Ce sont des faits établis par l'expérience, à laquelle il faut avoir principalement recours en pareille matiere ». Ce que nous venons de dire fait assez comprendre qu'on ne sauroit se flatter de trouver le mouvement perpétuel tant vanté. En effet, pour produire ce *grand œuvre* de la Méchanique, il faudroit imaginer quelque moyen de rendre aux forces motrices ce que la résistance des milieux & les frottemens inévitables doivent leur faire perdre ; mais cette reproduction ne sauroit avoir lieu, si l'on n'appelle pas de tems en tems au secours

CHAPITRE PREMIER.

L'HYDROSTATIQUE.

2. UN *fluide* eſt un corps dont les parties très-mobiles, cedent à une force très-petite, & qui ne tombe pas même ſous nos ſens. Ses parties

---

quelques puiſſances étrangeres qui les raniment, ſoit en remontant des poids, ſoit en rebandant des reſſorts, ou en donnant de quelqu'autre maniere l'impulſion & le mouvement à ces eſpeces d'automates.

On penſe aſſez généralement qu'une puiſſance n'a jamais plus d'énergie pour ſoutenir un poids en équilibre ſur un plan incliné, que lorſque ſa direction eſt parallele à ce plan; cependant cette aſſertion n'eſt vraie qu'en faiſant abſtraction du frottement : car on trouve par le calcul, que pour faire mouvoir un corps ſur un plan, en ayant égard aux effets du frottement, & en le ſuppoſant égal au tiers de la preſſion, la direction la plus favorable qu'on puiſſe donner à la puiſſance, eſt celle qui fait avec le plan un angle d'environ dix-huit degrés vingt-ſept minutes.

Si le frottement eſt nuiſible dans pluſieurs cas, il eſt très-utile dans beaucoup d'autres. C'eſt par le frottement que les limes, les

doivent être insensibles, car on ne peut les voir, ni les toucher séparément; c'est pour cela qu'on ne met pas la farine au rang des fluides,

---

rapes, les scies, & généralement tous les outils de ce genre agissent sur les corps les plus durs. « C'est par le frottement aussi que l'on polit les métaux, les glaces, les diamans mêmes; si, avant de descendre des montagnes un peu rudes, on enraye les voitures, ce n'est que pour retarder leur marche, en augmentant le frottement; & si, pour jetter l'ancre, ou pour la lever, on facilite les manœuvres, en faisant faire au cable qui la soutient quelques tours sur le cylindre du cabestant, ce n'est encore que pour augmenter la résistance du frottement : une seule cheville qui frotte contre *l'arbre* d'un moulin, suffit pour arrêter toute l'impétuosité du vent, ou de l'eau. On sait aussi avec quelle force les sillons d'un écrou frottent contre le filet de la vis ».

L'on n'ignore pas non plus, que sans le frottement les hommes & les animaux feroient des chûtes continuelles; & c'est par le défaut d'un frottement suffisant que ceux qui marchent sur une riviere glacée, tombent si souvent. Le frottement sert encore à détruire la poussée des voûtes; & l'effort général qu'elles font pour écarter leurs appuis, demandent souvent des culées très-fortes pour le soutenir; mais ces culées éprouvent un

parce qu'en la preſſant entre les doigts on ſent ſes particules. Mais lorſque les parties du pain ont été digérées, & qu'elles ſe ſont changées

---

frottement d'autant plus conſidérable, qu'elles ſont plus peſantes.

Quoiqu'il ne ſoit pas poſſible de ſoumettre les effets du frottement à un calcul rigoureux, on peut néanmoins les connoître à un certain point. Pour faciliter aux jeunes Phyſiciens le moyen de calculer, du moins à peu-près, ſoit l'effet du frottement, ſoit l'effet de la roidure des cordes, nous prendrons le *palan* ou *caliorne* de la figure (62.*A*), en ſuppoſant que le rayon des chevilles ou eſſieux eſt la cinquieme partie du rayon de chaque rouet, & que le frottement eſt le quart de la preſſion, parce qu'il eſt preſque toujours plus grand, lorſque les machines ſont plus compoſées, à cauſe des vices d'exécution qui ſe multiplient. S'il n'y avoit point de frottement, les quatre branches du palan ſoutiendroient chacune le quart du poids *P*, que je ſuppoſe de 400 livres; ainſi chaque rouet mobile ſoutiendroit la moitié du poids, & les cordons 1 & 2 ſoutiendroient chacun le quart du poids; mais ſelon la ſuppoſition que nous avons faite, cette moitié du poids produit un frottement qui ſera le quart de cette moitié; & comme ce frottement produit une réſiſtance cinq fois moindre à cauſe de la grandeur du rayon de la poulie, la bran-

en chyle, les molécules de la farine forment un vrai fluide. Les fluides qu'on appelle *humides* mouillent les corps & les rendent humides, telle

---

che 2 sera tirée en haut avec une force qui sera la vingtieme partie de la charge, pour rémédier au seul frottement.

La force ajoutée n'est la vingtieme partie de la charge, qu'après que cette force a été ajoutée : ainsi, elle est la dix-neuvieme partie de la charge considérée avant l'addition. Si le poids *P* pese donc 400 livres, ce qui donne 200 livres pour la charge des deux branches 1 & 2 jointes ensemble, nous n'avons qu'à prendre la dix-neuvieme partie de 200 livres, & nous aurons $10 + \frac{10}{19}$ livres pour l'excès de la force avec laquelle la branche 2 doit être tirée en haut. La branche 1, qui n'est sujette à aucun frottement, n'est tendue qu'avec une force de 100 liv.; mais comme la branche 2 doit soutenir le même poids, & qu'elle doit de plus surmonter le frottement sur la poulie d'en bas; il est nécessaire qu'elle soit tirée en haut avec une force de $110 \frac{10}{19}$ livres.

Ce sera la même chose dans le passage de la branche 2 à la branche 3, sur une des poulies suppérieures; il faut, à cause du frottement, comme on vient de le voir, que la branche 2 soit tendue avec une force de $110 \frac{10}{19}$ livres, pendant que la branche 1 ne soutient que 100 livres.

La tension de la branche 3 doit être plus grande dans le même rapport; ainsi elle sera

eſt l'eau ; les métaux fondus forment des fluides non humides. Les *liquides* ſont des fluides qui ſe mettent de niveau, c'eſt-à-dire, dont toutes les

---

d'un peu plus de 122 livres : il faudra faire une augmentation ſemblable pour la branche 4, qui ſera tendue avec une force de 135 livres ; & une autre augmentation encore proportionnelle pour la branche 5, qui doit être tirée avec une force d'environ 149 $\frac{14}{19}$ livres. Ainſi la puiſſance *M*, au lieu d'agir avec une force de 100 livres, ſera obligée de tirer avec une force plus grande d'environ une moitié.

Les nombres 100, 110 $\frac{10}{19}$, 135, 149 ſont (à peu près) en progreſſion géométrique ; ainſi connoiſſant le premier & le ſecond, il ſeroit facile d'avoir les autres, ſi on ne les connoiſſoit pas.

Si nous voulons tenir compte, non ſeulement du frottemet, mais encore de la roideur des cordes, on doit faire attention qu'une corde de ſix lignes de diametre, chargée d'un poids de cent vingt livres, & paſſant ſur un rouleau de trois pouces de diametre, oppoſe une réſiſtance de huit livres, ainſi que l'expérience l'apprend. Cela poſé, ſuppoſons que les poulies de notre figure ſoient de quatre pouces de diametre, & que le diametre du cordage eſt de ſix lignes ; ſi nous multiplions 120 livres par ſix lignes = $\frac{1}{2}$ pouce, nous aurons 60. Diviſant ce produit par 3, diametre du rouleau, le réſultat 20 donnera le premier terme d'une analogie dont la roideur 8 ſera le ſecond. Je multiplie les quatre lignes = $\frac{1}{3}$

parties de la surface sont également éloignées du centre de la terre, lorsque rien ne s'y oppose. L'air, la fumée, la flamme tendent à se dilater

---

de pouce de diametre qu'a la corde de notre figure, par les 210 $\frac{10}{19}$ livres qui forment la charge des deux branches 1 & 2 jointes ensemble, & je divise le produit par le diametre 4 pouces des poulies ; le résultat est à peu près 17 $\frac{1}{2}$ livres, & c'est-là le troisieme terme de l'analogie dont le quatrieme 7 livres est l'effet de la roideur du funin.

Nous avons dit ci-dessus que la branche 2 devoit être tirée de bas en haut avec une force de 110 $\frac{10}{19}$ à cause du frottement ; il faudroit donc ajouter 7 livres à cette quantité, si la poulie, sous laquelle passe cette corde, étoit soutenue par son centre; mais lorsqu'on agit sur la branche 2 pour vaincre sa roideur & celle de la branche 1, le point d'appui est situé au point ou la branche 1 rencontre la poulie ; de sorte que le bras du levier sur lequel on agit, est alors égal, non au rayon, mais au diametre de la poulie ; il ne faut donc ajouter que la moitié de 7 livres à 110 $\frac{10}{19}$, & il nous viendra environ 114 livres, au lieu de 118 $\frac{1}{2}$ livres que nous trouverions sans cette attention, pour la force avec laquelle il faut tirer en haut la branche 2, afin de vaincre le frottement & la roideur de la corde joints ensemble. La branche 2 étant tendue avec une force de 114 livres, la branche 3 sera tendue, eu égard au frottement & à la

& non à ſe mettre de niveau ; c'eſt pourquoi tous les corps liquides & humides ſont fluides ; mais tous les fluides ne ſont pas liquides ni humides.

3. Les Phyſiciens ont découvert, à l'aide du microſcope, que les par-

---

roideur du cordage, par une force qu'on trouvera en faiſant la proportion 100 : $118\frac{1}{2}$ :: 114 : x, parce que dans le paſſage de la branche 2 à la branche 3, la poulie étant ſoutenue par ſon centre, on ne doit pas faire la réduction dont on a parlé ci-deſſus : ce qui donnera 135.09 livres pour la tenſion du cordon 3. Dans le paſſage du cordon 3 au cordon 4, il faudra, à cauſe de la poulie mobile embraſſée par ces cordons, faire la proportion 100 : 114 :: 135.09 : x. Le quatrieme terme de cette proportion fera trouver la force avec laquelle le cordon 4 doit être tiré en haut : cette force eſt d'environ 154 livres. Le cordon 5 ſera donc tiré avec une force qu'on trouvera en faiſant 100 : $118\frac{1}{2}$ :: 154 : $x = 182$ à peu-près : il faut donc, eu égard à tout, que la puiſſance *M* faſſe un effort d'environ 182 livres.

Il eſt aiſé de ſentir qu'il faut, autant qu'il eſt poſſible, employer des cordes d'un petit diametre, & les plus ſouples que l'on peut, pour faciliter le mouvement des poulies, & augmenter leur diametre, autant qu'on le peut, ſans rendre leur peſanteur nuiſible.

ties du mercure, du lait, des huiles, ont une figure ſphérique, & l'on diſtingue dans le ſang du poiſſon & dans celui de l'homme, des globules rouges d'une figure lenticulaire. Muſſenbroek a obſervé que les parties de la fumée de charbon ſont globuleuſes; & Derham a trouvé la même figure dans les particules des vapeurs. De ces obſervations, pluſieurs ont conclu que les parties élémentaire des fluides étoient ſphéroïdales, que la fluidité dépendoit de cette figure, & que les corps étoient d'autant plus fluides, que leurs particules étoient plus ſphériques. D'autres conſidérant que l'interpoſition du feu entre les parties des métaux, leur communique la fluidité, ont aſſuré que cette propriété dépend d'un fluide igné, qui tient ſéparées les particules des fluides. Il y en a qui prétendent que la *matiere ſubtile* qu'ils appellent *éther*, agite les particules de certains corps, leur communique un mouvement en tous ſens, & les rend fluides. Cependant ſi l'on jette de la pouſſiere dans une eau tranquille, on ne s'apperçoit pas du moindre mouvement;

d'ailleurs, cette matiere ſubtile, ſoit qu'on la ſuppoſe élaſtique ou non élaſtique, étant elle-même un fluide, il reſteroit à expliquer l'origine de ſa fluidité, qui ſans doute eſt la même que celle des autres fluides. Au reſte nous reprendrons ailleurs cette matiere. Paſſons à l'équilibre des fluides.

4. Par une loi de la nature, qui n'eſt qu'un effet de cette cauſe qui pouſſe les corps vers le centre de la terre, les parties ſupérieures des fluides gravitent ſur les inférieures qu'elles preſſent par leurs poids. Cependant les anciens ſcholaſtiques s'étoient imaginés que les fluides ne *peſoient pas*, comme ils diſoient, *dans leurs propres élémens*, que l'huile, par exemple, ne peſoit pas dans l'huile, ni le mercure dans le mercure : mais ſi l'on prend un flacon de métal, vuide, bien fermé, & que l'ayant ſuſpendu au bras d'une balance, on le laiſſe plonger dans l'eau, pour le mettre alors en équilibre avec un poids ſuſpendu à l'autre bras de la même balance, ſi l'on permet enſuite à l'eau d'entrer dans le flacon, le

le bras de balance auquel il est suspendu prévaudra, & élevera l'autre poids.

5. C'est par une suite de la loi dont nous venons de parler, que les fluides se mettent en équilibre autour de la terre, que leur surface est de niveau, & également distante dans tous ses points du centre de notre globe, que nous considérons ici comme immobile & parfaitement sphérique. Car si nous supposons pour un moment que la terre soit toute couverte d'eau, & que quelques colonnes de ce fluide soient plus élevées que les autres, comme leurs molécules doivent céder à la moindre force, les supérieures se répandront sur les inférieures, jusqu'à ce que la surface soit par-tout également élevée & de niveau. Mais lorsqu'il s'agit d'une surface d'eau d'une étendue peu considérable, elle peut être considérée comme plane, parce qu'alors sa courbure n'est pas sensible par rapport à nous; & c'est de cette propriété que dépend l'art de *niveler*, dont nous avons traité dans notre Précis des Mathématiques.

6. Si l'on verſe de l'eau dans un tube compoſé de deux branches verticales ou inclinées à l'horizon, & jointes enſemble par un tube horizontal *B D g m* (*fig.* 63), ce fluide ne reſtera en repos que quand il aura la même hauteur dans les deux branches. D'où il ſuit que les efforts qui s'exercent en *P C*, par l'action du liquide de la branche gauche contre celui de la droite, ſont égaux & oppoſés. Mais ſi on coupoit le tube horizontal en *P C*, pour retenir l'eau de la branche droite & l'empêcher de couler, il faudroit employer une force égale au poids d'une colonne d'eau d'une baſe égale à *P C*, & d'une hauteur égale à celle du fluide dans la branche *E D g f*; mais ſi on ſe contentoit de faire un trou en *P*, l'eau ſortiroit par cet orifice, & l'on ne pourroit empêcher ſon écoulement, qu'en employant une force capable de ſoutenir une colonne de même baſe que l'orifice du trou, & qui auroit une hauteur égale à celle du fluide dans le tube *A B D E f P n*. En effet, les particules d'un fluide cédant à la moindre force, toutes les

tranches horizontales doivent être également preſſées dans tous leurs points, ſoit de haut en bas, de bas en haut ou latéralement; car ſi une molécule d'une de ces tranches étoit plus preſſée que ſes voiſines, elle agiroit ſur elles, & leur communiqueroit du mouvement; mais nous ſuppoſons ici que le fluide eſt en repos. Il eſt donc évident qu'un fluide renfermé dans un vaſe & preſſé par une force quelconque, doit tranſmettre cette preſſion à toutes les molécules qui doivent s'échapper par les orifices de ce vaſe, s'il y en a, en quelque endroit de ſa ſurface qu'ils ſoient placés.

7. Si nous concevons un corps *p m n q* (*fig.* 64), plongé dans une eau tranquille, ſa ſurface inférieure ſera pouſſée en haut par l'action du liquide qui eſt au deſſous, mais ſa ſurface ſupérieure ſera preſſée par le fluide ſupérieur. Maintenant ſi ce corps peſe préciſément autant qu'un égal volume du fluide, il reſtera tranquille dans l'endroit où on l'aura placé; parce qu'il tiendra la place du fluide déplacé, lequel étoit en équi-

libre avec le reste du fluide. Et delà il suit que les pressions latérales, & qui s'exercent parallelement à l'horizon sur la surface d'un corps plongé dans un fluide, sont opposées, égales, & se détruisent réciproquement; autrement le corps plongé ne pourroit rester en repos. Si le corps plongé est spécifiquement plus pesant que le fluide, c'est-à-dire, si un égal volume de fluide pese moins que ce corps, alors le fluide situé en *m n*, sera plus pressé que le fluide placé en *t* & *s*, lequel est comprimé par une colonne qui ne contient que du fluide, tandis que la colonne *b m n a* qui presse le fluide *m n*, est composée de deux parties, dont l'une *b p q a* est de fluide, tandis que l'autre partie *p m n q* est plus pesante qu'elle ne le seroit, si elle étoit fluide; ainsi le fluide *m n* doit céder, & le corps *p m n q*, doit descendre jusqu'au fond du vase. Mais si le corps est spécifiquement plus léger que le fluide, alors la colonne *b m n a* sera plus légere qu'elle ne le seroit, si elle étoit toute composée de fluide; c'est pourquoi la pression du fluide situé en *t*

& en *ſ*, étant plus grande que celle du fluide ſitué en *m* & *n*, celui-ci ſera ſoulevé, & pouſſera le corps *p m n q* en haut ; enſorte qu'un corps ſpécifiquement plus léger que le fluide, doit nager.

8. Des principes que nous venons d'établir, il ſuit que ſi un corps ne peſe que la moitié d'un pareil volume de fluide, la partie plongée *m a b n* (*fig.* 65) ſera égale à la partie *p m n q* placée hors du fluide ; car ſuppoſons que le corps *p a b q* peſe dix livres, & qu'un égal volume du fluide dans lequel il nage, peſe vingt livres, le volume de fluide déplacé par la partie *m a b n*, que nous ſuppoſons égale à la moitié du ſolide, tiendra la place d'un volume de fluide de dix livres ; & le fluide ſitué en *a* & *b* ſera auſſi preſſé qu'il le ſeroit, ſi l'eſpace *m n b a* étoit rempli par une maſſe de fluide. Ainſi la partie plongée ſera égale à la partie non plongée. Par un raiſonnement ſemblable, on trouvera que ſi la gravité ſpécifique du fluide eſt triple de celle du ſolide, la partie plongée ne ſera que le tiers du volume du ſolide.

Delà il suit, que si l'on prend un morceau de bois dont la gravité spécifique soit supposée la moitié de celle de l'eau, la partie plongée sera égale à la moitié du solide ; mais si le même morceau de bois est placé sur la surface du mercure, dont la gravité specifique est 14 fois plus grande que celle de l'eau, & 28 fois plus grande que celle de ce bois, la partie plongée ne sera que la vingt-huitieme partie du volume entier. On se sert souvent de cette tendance que les fluides ont à soulever les corps flottans, pour tirer des masses très-pesantes du fond de la mer ou d'un fleuve. On emploie pour cela un bateau d'un certain volume qu'on fait enfoncer profondément, en le chargeant de poids très-considérables, alors on l'attache au corps qu'on veut soulever, & ôtant ensuite les poids qui l'avoient fait enfoncer, la poussée verticale du fluide le fait monter aussi-bien que le fardeau auquel il est attaché, avec un effort, qui au premier instant, est égal au poids dont il a été déchargé. Si un seul bateau ne suffisoit pas, on pour-

roit en employer deux, l'un du côté de la droite, l'autre situé à la gauche du corps qu'on voudroit enlever.

9. Supposons maintenant qu'un corps *a* ait une pesanteur spécifique 28 fois plus grande que celle de l'eau, & qu'il pese 28 livres, il est visible que si on le tient suspendu dans ce fluide, par le moyen d'un fil attaché au bras d'une balance (*fig.* 66), il ne faudra suspendre à l'autre bras qu'un poids *p* de 27 livres pour le tenir en équilibre, parce que ce corps sera poussé en haut par le fluide *a b* avec une force d'une livre; & sa force respective dans l'eau ne sera que de 27 livres; mais s'il est plongé dans le mercure dont la gravité spécifique est 14 fois plus grande que celle de l'eau, il y perdra un poids 14 fois plus grand; de maniere qu'un corps *p* de 14 livres pourra le tenir en équilibre. De ces principes les Physiciens concluent que les gravités spécifiques des fluides sont entr'elles, comme les pertes de poids que fait un même corps successivement plongé dans ces fluides.

10. Pour connoître les gravités ſpécifiques des fluides, on ſe ſert ordinairement dans le commerce de ces inſtrumens qu'on nomme *aréometres* ou *peſe-liqueurs ;* celui de Farenheit eſt très-commode : il eſt composé d'un tube cylindrique & de deux boules creuſes *c*, *b* (*fig.* 67); la plus baſſe *b*, qui eſt la plus petite, eſt remplie de mercure; cette liqueur ſert de leſt & procure de la ſtabilité à l'inſtrument, tandis que l'autre boule, toujours ſubmergée, lui fait prendre une ſituation droite.

11. Si lorſque la boule *b* contient un certain poids de mercure exprimé en grains, l'inſtrument s'enfonce juſqu'en *p q*, on placera la premiere diviſion en cet endroit; en ajoutant enſuite un certain nombre de grains de plus, la machine s'enfoncera juſqu'en *t ;* ſi on ajoute encore quelques autres grains, elle s'enfoncera juſqu'en *m n*, où l'on marquera une autre diviſion, & ainſi de ſuite : cela poſé, on retira tous les grains ajoutés, & l'inſtrument ſera alors propre à faire connoître les gravités ſpécifiques des fluides. Car ſi nous ſup-

poſons qu'on plonge cet inſtrument ſucceſſivement dans deux fluides dont les gravités ſpécifiques ſoient différentes ; de maniere que dans le premier, il s'enfonce juſqu'à la quatrieme diviſion, & dans le ſecond, juſqu'à la huitieme diviſion, la gravité ſpécifique du premier fluide ſera à celle du ſecond, comme 8 ſont à 4, c'eſt-à-dire, que les gravités ſpécifiques des fluides, ſont en raiſon inverſe des diviſions auxquelles s'enfonce l'inſtrument. En effet, puiſque dans le premier fluide l'inſtrument ne s'enfonce que juſqu'à la quatrieme diviſion, le volume déplacé eſt comme 4, tandis que dans le ſecond cas, il eſt comme 8 ; mais ces volumes ſont également peſans ; puiſque leur poids eſt égal à celui de l'inſtrument : donc ſi l'inſtrument peſe 4 gros, un volume comme 4 du premier fluide, peſera 4 gros, tandis qu'un volume comme 8 du ſecond fluide, ne peſera auſſi que 4 gros ; ainſi un volume du ſecond fluide, égal à celui du premier, ne peſera que deux gros : c'eſt pourquoi la gravité ſpécifique du premier fluide eſt à celle

du second, comme 4 sont à 2, ou comme 8 sont à 4; ou ce qui revient au même, *les gravités spécifiques des deux fluides sont entr'elles, en raison inverse du nombre des divisions auxquelles l'instrument s'enfonce dans ces fluides;* de maniere que si l'instrument s'enfonce jusqu'à la cinquieme division dans un fluide, & jusqu'à la huitieme division dans un autre fluide, la gravité spécifique du premier sera à celui du second, comme 8 sont à 5.

12. Soient deux vases *A B C D*, *a b c d* (*fig.* 68 & 69), de même hauteur, mais dont la base du second soit 4 fois plus grande que celle du premier, il est visible que les molécules de la couche fluide qui agit sur la base du premier vase, sont aussi pressées par le fluide supérieur, que les molécules de la couche qui répond à la base du second vase; mais comme cette seconde couche est quatre fois plus grande, elle contient quatre fois plus de molécules, & exerce par conséquent une action quadruple : c'est pourquoi si la pression sur le fond du premier vase

équivaut au poids d'une livre, la pression sur le fond du second sera de quatre livres; mais si on suppose que la longueur du second est encore deux fois plus grande que celle du premier, il est clair que chaque molécule de la couche inférieure sera deux fois plus pressée qu'elle ne l'étoit auparavant; ainsi la pression sera alors égale à 8 liv.; mais 8 est le produit de la base 4 par la hauteur 2: donc la pression d'un fluide doit s'estimer par le produit de la base & de la hauteur. C'est ce que les Physiciens entendent lorsqu'ils disent que les *pressions des fluides sont en raison composée des bases & des hauteurs*. Mais si l'on compare la pression d'une colonne d'eau avec celle d'une égale colonne de mercure, on trouvera que cette derniere est quatorze fois plus grande que la premiere. C'est pourquoi, si la pression sur le fond *b c* est égale à 8 livres, lorsque le vase *a b c d* est rempli d'eau, cette pression sera de 8 fois 14 livres ou de 112 livres, lorsque ce vase sera rempli de mercure; *& l'on peut dire que les pressions des fluides de différentes gravités spécifiques ou*

de différentes densités, (les densités sont entr'elles comme les gravités spécifiques, parce qu'une densité double suppose une quantité double de matiere contenue sous le même volume, ce qui donne un poids double), sont comme les produits des densités, des bases & des hauteurs, ou pour parler le langage des Géometres, *sont en raison composée des densités, des bases & des hauteurs.*

13. Il suit des principes que nous venons d'établir, que si l'on a deux vases *A B C D*, *a b c* (*fig.* 70) remplis de mercure, l'un cylindrique & l'autre conique, dont les bases & les hauteurs soient égales, il faudra employer la même force pour soutenir les bases *B C*, *b c* si elles sont mobiles; mais si ces bases sont attachées au vase, celui qui soutiendra la base *b c* ne portera qu'un poids égal à celui du vase & du fluide dont il est rempli; de maniere que si ce fluide ne pese qu'une livre, tandis que celui du vase uniforme pese 3 livres, la puissance qui soutiendra la base *b c* supposée immobile, n'aura à supporter que le poids du vase & d'une livre de mercure; parce que la couche qui

presse la base *b c* réagit en haut, & il en est de même du fluide qui répond aux points *m*, *n*, &c. & cette réaction est égale à l'excès du fluide contenu dans le vase cylindrique *A B C D*, ainsi qu'on le trouvera par expérience; & delà il est aisé de comprendre qu'une petite quantité de fluide peut produire une pression aussi grande que l'exerceroit une autre masse de liquide mille fois plus grande, contenue dans un vase d'une autre figure, mais de même hauteur, ce qui est un paradoxe hydrostatique bien digne de l'attention des Physiciens.

14. Il ne sera pas maintenant difficile de comprendre pourquoi dans des tubes *A B m n*, *g f E D* (*fig.* 63) qui communiquent ensemble par le moyen d'un tube horizontal, le fluide s'éleve à la même hauteur; car la pression sur la tranche *P C*, qu'exerce le fluide contenu dans chacun de ces tubes est alors égale; en effet le produit de la surface comprimée *P C*, multipliée par la hauteur du fluide comprimant, est alors égal de part & d'autre. Mais si nous supposons que le fluide contenu dans le tube de la

droite est du mercure, celui qui est contenu dans le tube de la gauche de l'eau, il suffira que le mercure s'éleve à la hauteur d'un pied dans le premier tube, pour faire équilibre avec l'eau du second tube, élevée à la hauteur de quatorze pieds. Supposons que la section *P C* soit telle qu'une colonne de mercure d'un pied de hauteur & qui auroit cette section pour base, pese 14 livres, une colonne d'eau de même base & de même hauteur ne pesera qu'une livre : mais une colonne d'eau de même base & de 14 pieds de hauteur pesera 14 livres : ainsi 14 pieds d'eau dans le tube de la gauche feront équilibre à un pied de mercure dans le tube de la droite; *ce qui fait voir que dans les tubes communiquans, les hauteurs des fluides sont en raison inverse des hauteurs spécifiques.* Ainsi dans la supposition que nous venons de faire, la hauteur du mercure est à celle de l'eau, comme 1 est à 14 ; c'est-à-dire, comme la gravité de l'eau est à celle du mercure.

CHAPITRE II.

De l'HYDRAULIQUE, ou du Mouvement & de la Résistance des Fluides.

15. SI les Physiciens connoissoient parfaitement la figure, la masse, la disposition des particules des fluides & la maniere dont elles agissent les unes sur les autres, ils pourroient par les loix du mouvement, dont nous avons parlé dans la Section précédente, déterminer la vîtesse des fluides qui coulent, leur action sur les corps qu'ils rencontrent, & la résistance qu'ils opposent aux solides qui les traversent. Faute de mieux, les plus habiles Géometres sont obligés d'établir leurs théories sur des hypotheses qu'on ne sauroit démontrer, & sur des expériences difficiles, qu'il n'est pas aisé d'accorder entr'elles.

16. Selon Torricelli, les fluides qui coulent par des orifices faits dans des vases pleins, peuvent remonter au niveau de la surface du fluide contenu dans ces vases, & les vîtesses

des premieres particules qui s'écoulent, sont en raison des racines des hauteurs; de sorte que si l'on pratique deux orifices fort petits & égaux vers le fond de deux vases, dans le premier desquels l'eau soit entretenue à la hauteur de 4 pieds au dessus de l'orifice, & à la hauteur de 9 pieds dans le second vase, la vîtesse dans le premier sera comme 2, (racine de 4); mais dans le second elle sera comme 3, (racine de 9). Ce Savant ayant remarqué que dans les eaux jaillissantes, la hauteur de la liqueur n'alloit pas tout-à-fait jusqu'au niveau de l'eau du réservoir, attribua cette différence en partie à la résistance de l'air, résistance qui produit la division des gouttes d'eau, qu'on observe dans les jets, & en partie à l'eau qui, en retombant du sommet du jet, retarde le mouvement des molécules suivantes: on observe en effet que les premieres gouttes qui sortent, lorsqu'on ouvre l'orifice, montent plus haut que les suivantes. Lorsque, par le moyen de la machine de Boyle, on a pompé l'air, la dispersion des gouttes n'ayant pas lieu, la hauteur du jet augmente.

A ces causes, on peut ajouter le frottement que l'eau éprouve en sortant par les orifices, frottement que Mariotte a trouvé plus considérable pour les grands que pour les petits jets; de maniere que la hauteur de l'eau au dessus de l'orifice étant de 5 pieds, la hauteur du jet n'est moindre que d'un soixantieme; lorsque la hauteur de l'eau est de 33 pieds ou de 44 pieds, elle est d'un onzieme. Par les expériences de Mariotte, Guilielmini & autres, les vîtesses des eaux qui coulent par des petits orifices égaux & semblables, situés à différentes distances de la surface de l'eau, sont comme les racines des hauteurs, & les quantités d'eau qui coulent en même temps par les orifices, sont aussi dans le même rapport. Guilielmini, dans son livre second de la Mesure des Eaux coulantes, ayant fait au côté d'un vase 16 orifices égaux, dont chacun pouvoit être ouvert, les autres étant fermés, trouva six fois les quantités d'eau proportionelles aux racines des hauteurs; il trouva une fois 1 défaut d'un $\frac{1}{34}$, une fois un défaut d'un $\frac{1}{5}$, & dans les huit autres expériences, le

défaut fut d'un $\frac{1}{100}$ ou plus petit. *On peut donc ſuppoſer qu'abſtraction faite du frottement, de la cohéſion des parties de l'eau & de la réſiſtance de l'air, les viteſſes des écoulemens auſſi-bien que les quantités d'eau écoulées dans le même temps, ſuivent la raiſon des racines des hauteurs de l'eau au deſſus de l'orifice ;* nous ſuppoſons ici que les réſervoirs ſont entretenus conſtamment pleins. Ce phénomene, qu'on peut regarder comme une loi de la nature, vient de ce que, ſi l'on adaptoit un tube convenable à l'orifice, l'eau monteroit juſqu'à une ligne horizontale, menée par la ſurface ſupérieure du vaſe ſuppoſé plein. Pluſieurs concluent la même choſe, de ce que la preſſion étant proportionnelle à la hauteur, l'effet doit être proportionné à cette hauteur. Cela poſé, ſi nous ſuppoſons que la hauteur au deſſus de l'orifice du vaſe *ABCD* (*fig.* 71), ſuppoſé conſtamment plein, eſt comme 4 : la preſſion ſur l'eau qui répond à cet orifice, ſera comme 4, comme il ſuit de ce que nous avons dit ci-deſſus ; & cette preſſion produira un mouvement comme 4, faiſant ſortir une quantité de fluide

comme 2, avec une vîteſſe comme 2; (car la quantité du mouvement eſt égale au produit de la maſſe par la vîteſſe); mais ſi la hauteur au deſſus de l'orifice eſt comme 9, la preſſion fera ſortir une quantité d'eau comme 3, avec une vîteſſe comme 3, & produira un effet comme 9, & ainſi de ſuite. On peut remarquer auſſi (*fig.* 71) que les molécules d'eau qui jailliſſent d'un orifice ouvert, ne ſuivent pas toutes une direction perpendiculaire à la ſurface de l'orifice, mais pluſieurs en coulent vers les bords par des mouvemens obliques & convergents, ce qui reſſere la veine de l'eau coulante & la rétrecit en *m n* à une petite diſtance de l'orifice. On peut reconnoître ces mouvemens en jettant de la pouſſiere dans l'eau, ainſi que l'a fait le ſavant Daniel Bernouilli, comme on peut le voir dans ſon Hydrodinamique, part. 3, ſect. 4. M. Newton a obſervé qu'à un demi-pouce environ de l'orifice, le diametre de la veine reſſerrée eſt à celui de l'orifice, comme 21 à 25; d'autres ont trouvé d'autres rapports; il y en a même qui prétendent que la contraction de la veine fluide n'a

lieu que pour les orifices de 3 ou 4 lignes de diametre, & qu'elle eſt à peine ſenſible pour de plus grandes *ouvertures*. Cependant ſi on compare les quantités d'eau qui s'écoulent de deux réſervoirs entretenus conſtamment pleins par des orifices pratiqués dans une mince paroi, on trouvera qu'elles ſont entr'elles, du moins ſenſiblement, comme les produits des racines des hauteurs de la ſurface du fluide au deſſus des orifices par les $\frac{5}{8}$ de la ſurface de l'orifice; de ſorte que le reſſerrement de la veine fluide produit une diminution dans la quantité d'eau écoulée, & cette diminution eſt de $\frac{3}{8}$; ce qui ſemble prouver que la ſurface de l'orifice eſt à la ſection de la veine, à l'endroit de ſon plus grand rétréciſſement, comme 8 à 5; mais ſi on adapte à l'orifice un tube de 2 pouces de longueur environ & de même diametre que l'orifice (*fig.* 72), la quantité d'eau qui s'écoulera ſera plus grande dans le rapport de 13 à 10 à peu près. Si le tube additionnel étoit trop court, il y auroit un reſſerrement de la veine fluide qui diminueroit la dépenſe de

l'eau : s'il étoit trop long, le frottement retarderoit considérablement le mouvement, & la quantité de fluide qui s'écouleroit seroit trop petite ; ainsi le rétrecissement de la veine fluide, (qui, selon toutes les apparences, a encore lieu à l'entrée de cet ajutage), est alors moins considérable.

Les expériences font voir que les orifices doivent avoir un certain rapport avec les capacités des vases : si les orifices sont trop petits, la cohésion de l'eau & le frottement retarderont trop le mouvement du fluide ; si ces orifices sont trop grands, il pourra arriver, à cause de la cohésion des particules qui restent dans le vase, que la nouvelle eau ne succede pas tout de suite à celle qui vient de s'écouler. Poleni ayant pris un vase que l'on entretenoit constamment plein d'eau, appliqua sur les côtés de ce vase différens tuyaux de figure conique, & d'autres qui étoient cylindriques ; il employa encore des plaques planes & minces ; tous ces tuyaux & ces plaques avoient d'un côté des ouvertures égales ; mais il trouva des résultats biens différens. Ayant pris un tuyau conique long de

92 lignes, dont la base la plus large appliquée au vase avoit 42 lignes de diametre, tandis que celui de l'ouverture antérieure n'étoit que de 26 lignes, il observa qu'un certain vaisseau qu'il avoit pris pour mesure, fut rempli par le tuyau dans l'espace de 3 minutes & 27 secondes. Il prit ensuite un autre tube conique, dont l'orifice appliqué au vase, n'avoit que 33 lignes de diametre, & dont l'autre orifice en avoit 26. Le même vaisseau fut rempli dans le même temps. Le même vaisseau fut rempli en 3 minutes par un autre tuyau conique, dont le diametre de la grande base appliquée au vase avoit 60 lignes, & celui de la petite 26. Le même vaisseau, qui servoit de mesure, fut rempli en 3 minutes 4 secondes par un tuyau conique, dont la base étoit de 118 lignes de diametre, & l'orifice antérieur de 26. Ayant employé un tube cylindrique de 92 lignes de longueur, & dont le diametre intérieur étoit de 26 lignes, le vaisseau précédent fut rempli en 3 minutes 7 secondes. Enfin, une plaque de fer qui portoit une ouverture de 26 lignes de diametre,

ayant été substituée aux tubes, le même vaisseau fut rempli en 4 minutes 36 secondes. Comme ces expériences font voir que la plus grande quantité d'eau s'écoule en même temps par des tubes coniques d'une figure déterminée, il paroît que la vîtesse de la liqueur est accélérée par la pression latérale des parties.

Guilielmini ayant rempli successivement un même tube d'eau & de mercure, observa que le temps des écoulemens étoit le même. Pour comprendre la raison de ce phénomene, supposons que le tube *ABCD* (*fig.* 71) soit rempli de mercure, le fluide qui répond à l'orifice sera pressé par une colonne de mercure d'une certaine hauteur, & il s'écoulera une pinte de mercure dans le même temps qu'il s'écouleroit une pinte d'eau, si le vase étoit rempli d'eau. En effet, quoique la pression sur le fluide qui répond à l'orifice soit 14 fois plus grande dans le premier cas que dans le second, la vîtesse qu'elle produira sur une masse comme 14, (car une pinte de mercure pesant 14 fois plus qu'une pinte d'eau, doit avoir une

masse 14 fois plus grande), sera la même que celle que produiroit la colonne d'eau sur une masse comme 1.

17. Ce que l'on vient de dire relativement à l'écoulement des fluides, n'a pas lieu à l'égard d'un tube cylindrique *ABCD* (*fig.* 70) dans lequel on ôteroit tout à coup le fond *BC*; car alors le fluide entier descendroit comme une masse entierement solide, & toutes les parties ayant la même vîtesse, les supérieures n'exerceroient aucune pression sur les inférieures. Mais si on fait une très-petite ouverture au fond d'un vase entretenu constamment plein, la pression des colonnes qui environnent celle qui répond à l'orifice, produira des vîtesses proportionnées aux racines des hauteurs.

L'on observe souvent, sur-tout lorsque l'orifice est considérable, une espece d'entonnoir produit par l'affaissement de la colonne qui s'écoule, & le liquide environnant tend de tous côtés vers cet entonnoir, qui est fort considérable, lorsque la surface du liquide est près de l'orifice, ou lorsqu'il reste peu d'eau ou de vin dans le vase. Dans ce cas, l'écoulement est très-

très-dérangé, & ne ſuit plus la loi dont nous avons parlé ci-deſſus ; l'air qui ſe loge dans ce trou occupant la place de l'eau, qui ne fait plus que tomber goutte à goutte, & comme une eſpece de pluie.

18. M. Mariote a obſervé qu'il s'écoule 14 pintes d'eau, meſure de Paris, (le pied cube qui peſe 70 livres ou environ, contenant 36 pintes), par un orifice circulaire d'un pouce de diametre, dont le centre eſt diſtant de 7 lignes de la ſurface de l'eau. C'eſt ce qu'il *appelle un pouce d'eau* ; & comme dans la pratique on peut ſuppoſer que les dépenſes ſont proportionelles aux racines des hauteurs de l'eau au deſſus du centre des orifices, (qu'on doit faire de grandeur médiocre), multipliées par les ſurfaces de ces orifices ; il ſera aiſé de déterminer d'une maniere ſuffiſante pour les uſages de la vie civile, les quantités d'eau que doivent donner différens orifices percés dans les côtés d'un réſervoir. C'eſt par ces principes qu'on peut régler la quantité d'eau qu'on doit diſtribuer aux différens habitans d'une Ville, lorſqu'ils veulent en faire venir dans

leurs maiſons. Si les orifices ſont ſur une même ligne horizontale, les quantités d'eau qu'ils fourniront ſeront à peu près comme la ſurface de ces orifices, (qu'on doit toujours ſuppoſer aſſez petits), que le réſervoir ſoit plein ou ne le ſoit pas.

19. Quelle que ſoit la figure & la capacité des réſervoirs qu'on ſuppoſe conſtamment pleins, la quantité d'eau qui ſort par la même ouverture eſt toujours la même en temps égaux; mais la quantité d'eau qui ſort dans un temps donné, dans une heure, par exemple, d'un vaſe qui ſe vuide, dépend de la capacité & de la figure du vaſe, auſſi-bien que de la grandeur & de la figure de l'orifice, combinées avec la hauteur de l'eau, (à chaque inſtant), par rapport à cet orifice; ainſi les écoulemens doivent varier ſelon les différentes eſpeces de vaſes qu'on emploie. Cependant pluſieurs Phyſiciens penſent que dans un vaſe qui ſe déſemplit, les quantités d'eau écoulées en temps égaux, ſuivent la raiſon des nombres impairs 13, 11, 9, 7, 5, 3, 1, que les vîteſſes des écoulemens ſont retar-

dées d'une maniere uniforme, & que les temps des évacuations des réservoirs sont entr'eux comme les produits des racines des hauteurs par les bases, divisés par les surfaces des orifices, qu'on doit toujours supposer d'une grandeur médiocre.

Lorsque l'eau d'un réservoir sort par une ouverture *CF*, & qu'elle parcourt un canal rectangulaire *FmnC* (*fig.* 73), supposé horizontal, les aspérités & les inégalités retardent son mouvement, qui augmente ensuite, parce que l'eau ayant comblé de petites cavités, a formé une espece d'enduit qui applanit le fond & les parois; aussi l'expérience apprend que la vîtesse du courant est plus grande quand il est bien établi & permanent, qu'au commencement. Si la pente du canal est de 10 pieds 6 pouces, sur une longueur de 105 pieds (1), la hauteur constante de l'eau dans le réservoir, de 11 pieds

(1) C'est-à-dire, si le canal de 105 pieds de long représente un plan incliné, dont la hauteur seroit de dix pieds six pouces ou la dixieme partie de sa largeur.

8 pouces, l'orifice étant une figure rectangulaire de 5 pouces de largeur sur un pouce & demi de hauteur, la vîtesse de la premiere eau sera à celle du courant permanent comme 13 à 16 environ; de sorte que la premiere eau parcourt ce canal en 16 secondes, & l'eau suivante le parcourt en 13 secondes. Si ce canal est horizontal, qu'on le divise en 5 parties de 21 pieds chacune, & que la hauteur de l'orifice soit seulement d'un demi-pouce, la base étant toujours de 5 pouces, & la hauteur de l'eau dans le réservoir la même dont on vient de parler, la premiere partie sera parcourue par la premiere eau à peu près dans deux secondes, la seconde dans trois, la troisieme dans cinq, la quatrieme dans six, & la cinquieme dans sept à peu près. Si l'on ajoutoit 21 pieds de plus au canal, cette division seroit parcourue dans environ huit secondes, & ainsi de suite. Si la pente du canal, mesurée par *C P*, est environ la dixieme partie de sa longueur, elle rendra à l'eau la vîtesse que lui feroit perdre le frottement,

& son mouvement sera uniforme. Il faut en excepter la premiere division, qui, même alors, est parcourue dans un peu moins de temps que les autres; mais si l'on substitue un tube au canal, la vîtesse ne sera uniforme, & la même qui auroit lieu sans le frottement, que quand la pente sera à peu près la huitieme ou la neuvieme partie de la longueur, parce que le frottement se faisant sur toute la surface du tube, est plus grand que dans un canal rectangulaire où il n'a lieu que dans la partie inférieure & dans les côtés. Mais on a remarqué que, proportion gardée, la résistance du frottement est moins sensible sur une grande vîtesse que sur une petite, & qu'elle est à peu près proportionnelle à la racine de la hauteur du réservoir, au dessus de l'orifice, ou à la vîtesse du fluide.

Pour mesurer la vîtesse d'un courant d'eau, on peut employer un petit corps qui s'enfonce entierement, ou presqu'entierement; car ce corps prendra sensiblement toute la vîtesse du fluide en fort peu de temps; c'est pourquoi si quelques minutes après

l'avoir exposé à l'action du fluide, on mesure le nombre des pieds qu'il parcourt dans une minute, on connoîtra la vîtesse du fluide, qui sera sensiblement la même dans cet endroit. Le savant Pitot emploie un tube de verre coudé en *b* (*fig.* 74), & plongé verticalement dans l'eau. La hauteur *b m* à laquelle le fluide s'éleve dans le tube, est telle qu'un corps qui tomberoit librement de cette hauteur, acquerroit la vîtesse qu'a le courant en *a*. En effet la pression de l'eau *m b* fait équilibre avec la force qui tend à faire monter l'eau dans le tube *a b m*; ainsi la vîtesse au point *a*, extrêmité de la partie horizontale *a b* du tube, est la même que si l'eau étoit tombée de la hauteur *m b*. On peut attacher ce tube à une tringle de fer ou de bois, mettre à côté une regle de cuivre bien graduée, & déterminer de cette maniere la vîtesse de l'eau d'un fleuve à différentes profondeurs. Mais il est difficile de fixer cet instrument de maniere que la liqueur n'éprouve pas des mouvemens d'oscillation qui peuvent occasionner

bien des erreurs, sur-tout lorsque la vîtesse de l'eau est considérable, & que le tube est enfoncé à une grande profondeur. Ajoutons la résistance que l'eau trouve dans l'angle *b*, & le frottement qu'elle souffre dans l'instrument. D'autres Auteurs ont inventé d'autres machines, qui sont toutes sujettes à quelques inconvéniens (1).

(1) Examinons maintenant les oscillations que fait une liqueur dans un tuyau recourbé & uniforme (*fig.* 75). La liqueur en repos se met de niveau en *n* & *f*; mais si on lui communique quelque mouvement, & qu'on la fasse monter jusqu'en *b*, elle descendra en *p* dans l'autre branche, & sera plus élevée dans la branche de la gauche de toute la quantité *m b*. Si nous supposons que la quantité de liqueur qui répond à la partie *m b* du syphon pese 2 livres, & que le poids de toute la liqueur du tube soit de 24 livres; il est visible que la liqueur sera sollicitée à descendre pour reprendre son niveau, & s'élever ensuite dans la branche gauche, par un poids égal à la douzieme partie du poids total; & que l'espace *b n*, que la liqueur doit parcourir dans la moitié de son oscillation, sera la vingt-quatrieme partie de la longueur de l'espace que la liqueur occupe : si *b m* est la sixieme partie de cette longueur, la force

En appliquant des tubes semblables dans les arteres & les veines coupées des animaux, Hales a tenté de déterminer la vîtesse du sang;

---

relative qui agira pour ramener la liqueur à son niveau, sera aussi la sixieme partie du poids de la liqueur; de sorte que les forces motrices étant toujours proportionnelles aux hauteurs, les oscillations seront *tautochrones* ou d'égale durée : nous ne faisons pas entrer en ligne de compte la résistance que produit le frottement. Non seulement les petites oscillations de la liqueur contenue dans le syphon *h D d* sont *tautochrones*, on s'est même assuré qu'elles sont de la même durée que celles d'un pendule *A P*, dont la longueur seroit égale à celle de la moitié de l'espace que le fluide occupe dans le syphon; ce qui vient de ce que, si l'on suppose l'espace *M B* (qui, selon ce que l'on a dit ci-dessus, (sect. 1, n°. 32), peut représenter la force relative qui ramene le pendule au point de suspension, *A P* représentant la force absolue,) égal à l'epasce *b n* que doit parcourir la liqueur pour retourner à sa premiere situation, il y aura même rapport entre cet espace & la cause qui le fait parcourir, qu'entre la liqueur qui répond à *b m* & l'espace que doit parcourir la liqueur pour faire une demi-oscillation. En effet, il est visible que si *b m* est la douzieme partie de la masse représentée par *b m D t*, *M B* sera aussi la douzieme partie de *A M*, (qui représente le poids absolu de *P*.)

ayant trouvé que le sang jaillissant de la grande artere, ou de l'aorte d'un animal vivant, pouvoit monter à la hauteur de 7 pieds 6 pouces, quel-

Le célebre Newton a comparé (Principes de la Philosophie naturelle, liv. 2, sect. 8,) le mouvement des ondes avec celui de eaux dans les syphons ou caneaux. Si l'on conçoit que, par une action quelconque dirigée sur le point *A* (*fig.* 76) il s'est produit une cavité, *A* dans une eau stagnante *f G*, l'équilibre de cette eau en sera troublé, & la liqueur s'élevera à droite & à gauche jusqu'en C & *B*, pour redescendre ensuite par sa gravité, en partie du côté de *D*, en partie du côté de *F*. D'autre côté par les vîtesses dues aux hauteurs *B b*, *C c*, les eaux formeront de nouvelles cavités en *D* & en *F*, d'où elles s'éleveront de nouveau en *E* & *H*, & le mouvement des ondes se propagera en cercles autour du point *A* par des montées & des descentes successives. Si nous supposons un pendule de la longueur de la moitié de *B D*, il fera une demi-oscillation dans le même temps que l'eau *B* parviendra en *b*, qui est le point de niveau où elle s'arrêteroit, si elle ne continuoit à se mouvoir par le mouvement acquis en descendant de *B* en *b*; ensorte que le temps que le point *B* met à parcourir *B b*, est le même que celui d'une demi-oscillation, dans un syphon, dont la moitié de la longueur seroit *B b* ou *b D* Mais, selon ce qu'on a dit ci-dessus (section

ques Physiciens en ont conclu que le cœur fait un effort capable de pousser 25 livres avec une vîtesse qui peut faire parcourir 149 pieds en une minute, & cela 4800 fois en une heure; mais dans cette détermination on suppose beaucoup de choses qu'on n'a jamais prouvées, qu'on ne prouvera jamais; & il paroît très-difficile d'établir quelque chose de

---

1, n°. 32), un pendule d'une longueur quadruple, feroit une oscillation, dans le temps que celui dont on vient de parler, en fait deux, ou dans le temps que le point *B* parcourra l'espace *B b D E*, qu'on peut supposer égal à la distance qu'il y a entre *B* & *E*, ou égal à la largeur de l'onde, à cause du peu de profondeur des ondes: *ainsi, un pendule dont la longueur seroit égale à la largeur des ondes, feroit ses oscillations dans le même temps qu'elles parcourroient leur largeur.* C'est pourquoi les ondes qui ont une largeur de 3 pieds 8 $\frac{1}{2}$ lignes, parcourent cet espace dans une seconde, & par conséquent 183 pieds 6 pouces 6 lignes dans une minute; cependant ces choses ne sont vraies qu'à peu près, parce que cette théorie suppose que dans les ondulations, les parties de l'eau montent & descendent en ligne verticale comme dans le syphon dont nous avons parlé ci-devant, tandis que leur mouvement se fait en ligne courbe.

certain ſur le mouvement de nos humeurs dans l'état naturel. Comment en effet avoir égard à tous les obſtacles qui naiſſent de l'inflexion des vaiſſeaux, de leur élaſticité, de la diminution du diametre des arteres, à proportion qu'elles s'éloignent du cœur, &c ? Ce problême, ſouvent tenté par les Phyſico-Médecins, ſurpaſſe de beaucoup les forces même des plus grands Géometres, s'ils ne veulent employer des hypotheſes qu'ils ne ſauroient démontrer. Il ſeroit donc plus avantageux d'abandonner de telles queſtions, dont la ſolution ne peut mener à rien, & de s'appliquer à des choſes plus utiles à la ſanté des hommes.

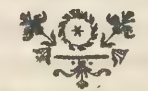
21. Les eaux jailliſſantes coulent d'un réſervoir par une eſpece de tube, pour entrer enſuite dans un autre tube incliné ou perpendiculaire à l'horizon, & s'élever dans les airs (*fig.* 77). Si les tubes *m p*, *M P* étoient auſſi élevés que le réſervoir, que nous ſuppoſons plein, les eaux s'éleveroient juſqu'au niveau de la ſurface du réſervoir ; la même choſe arriveroit ſans la réſiſtance de l'air,

du frottement, de la cohésion, qui retardent le mouvement des parties qui sortent. A ces causes on doit joindre le poids des molécules, situées à l'extrêmité *n* du jet, qui, en retombant sur les suivantes, retardent leur mouvement. C'est pourquoi on remarque que le jet *MN* s'éleve plus haut lorsque le tube *MP* étant un peu incliné à l'horizon, la liqueur suit une direction *MN* qui n'est pas entierement verticale ; car dans ce cas les parties *N* ne retombent pas sur les suivantes, mais elles décrivent une courbe qui, sans la résistance de l'air, seroit une vraie parabole. La résistance qui vient du frottement, paroît être proportionnelle à la vîtesse de l'eau ; elle est aussi plus grande, proportion gardée, pour un petit orifice que pour un plus grand. Lorsque le tube par lequel l'eau sort est conique & plus ouvert à la base inférieure qu'à la supérieure, le mouvement des particules de l'eau qui en sort, est fort irrégulier, ce qui fait que le jet, en sortant, n'est pas diaphane. On remédie à cet inconvénient en employant une lame plane

& mince, percée d'un trou rond ; alors le jet devient tranſparent (*fig.* 78). A l'égard de l'air, il diviſe la colonne d'eau jailliſſante, & s'oppoſe à ſon aſcenſion. Les molécules collatérales qui ont déjà ſouffert une diminution de mouvement par le frottement des parois du tube, montent moins haut que la colonne du milieu ; le jet ſe dilate à proportion qu'il s'éleve davantage, ce qui augmente encore la réſiſtance de l'air. Bien plus, il paroît que l'on ne doit pas ſe flatter d'obtenir de jets de plus d'environ 100 pieds, parce que la vîteſſe néceſſaire pour produire une élévation plus conſidérable, occaſionne une ſi grande réaction de la part de l'air, que l'eau ſe diſperſe en gouttes. A l'égard des diminutions que ſouffrent les jets d'eau, elles ſont entr'elles à peu près comme les quarrés des hauteurs du réſervoir.

Si l'orifice ou la lumiere par où l'eau jaillit eſt de même diametre que le canal, l'eau ne s'éleve pas juſqu'à ſon niveau ; ce qu'on doit attribuer en partie à la vertu attractive qui fait que la liqueur adhere fortement aux

parois du tuyau; mais ſi le diametre du tuyau reſtant le même, le diametre de la lumiere diminue, le fluide s'élevera beaucoup plus haut qu'auparavant, parce que ne ſe trouvant plus obligé de deſcendre ſi ſubitement, ſes molécules ne ſeront pas expoſées à un ſi grand frottement contre les parois du tuyau, & le mouvement en ſera moins rètardé. Plus le canal par lequel l'eau paſſe a de largeur par rapport à la lumiere, plus le jet s'éleve. Cependant il y a des bornes à cet avantage, au-delà deſquelles l'amplitude des canaux ne contribue point à augmenter la hauteur du jet. Voici une Table qui renferme preſque tout ce qui concerne cette matiere : elle differe peu de celle que propoſe Muſſenbroek.



Hauteur du Réservoir en pieds.	*Diametre de la Lumiere en pouces.*	*Diametre des Caneaux en pouces.*
5	depuis $\frac{1}{8}$ jusqu'à $\frac{3}{4}$	1 $\frac{3}{4}$
10	$\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{2}$	2
15	$\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{4}$
20	$\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$
25	$\frac{1}{2}$	2 $\frac{3}{4}$
30	$\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{4}$	3 ou 3 $\frac{1}{2}$
40	$\frac{3}{4}$	4 $\frac{1}{2}$
50	$\frac{3}{4}$	5
60	1	5 $\frac{3}{4}$
80	1 $\frac{1}{4}$	6 $\frac{1}{2}$
100	1 $\frac{1}{2}$	7 ou 8

On suppose dans cette Table, que le réservoir n'est éloigné de la lumiere que de cent pieds; mais si la source est plus éloignée du réservoir, & que le canal de conduite soit plus long, il est nécessaire de lui donner un plus grand diametre. Si le réservoir est placé depuis 40 jusqu'à 90 pieds de hauteur, & que la distance à la source, soit d'environ 450 pieds, le diametre du canal doit être d'un demi-pied. On lui donnera sept pouces de diametre, si la longueur du tuyau de conduite porte de 450

jusqu'à 3600 pieds. Ce diametre sera de huit pouces, si la longueur du tuyau de conduite varie depuis 3600 jusqu'à 9000 pieds. Selon Mussenbroek, lorsque le tuyau de conduite doit fournir à plusieurs jets, son diametre doit être six fois plus grand que la somme des diametres de toutes les lumieres par lesquelles l'eau doit jaillir, ensorte que si l'on doit fournir à six jets dont quatre aient un $\frac{1}{6}$ de pouce de diametre & deux $\frac{1}{2}$ pouce, le diametre de l'aqueduc sera de 4 $\frac{69}{100}$ de pouce ou d'environ 4 $\frac{7}{10}$ de pouce. Selon le docteur Desaguilliers, si la longueur du tuyau est depuis 150 *brasses* (1) jusqu'à un quart de mille, & que le jet d'eau ait depuis $\frac{3}{4}$ de pouce, jusqu'à un pouce & un quart, le tuyau de conduite aura six pouces de diametre; & si la distance est de deux à cinq milles, il faudra huit pouces de diametre pour le même jet d'eau; & ainsi à proportion pour d'autres jets d'un diametre différent. Si l'on veut avoir six jets d'eau de $\frac{3}{4}$ de pouce de diame-

(1) La brasse est de 5 pieds.

tre, qui jouent continuellement, on doit, ſuivant ce grand Phyſicien, prendre un ajutage qui puiſſe fournir autant d'eau que ces ſix ajutages enſemble, ſon diametre ſera d'un pouce & $\frac{7}{8}$ de pouce ou d'environ deux pouces, & le diametre du tuyau de conduite doit être ſeptuble de celui de l'ajutage; ainſi, il doit être d'environ 13 pouces. Pour diſtribuer l'eau à vos ſix tuyaux, de maniere que le frottement ſoit peu conſidérable, donnez-lui cinq pouces & demi, & même ſix pouces de diametre. Un tuyau tel que celui-là, devroit être de fer fondu en pieces de 12 à 15 pieds chacune, & d'environ un pouce d'épaiſſeur. Si l'on en croit le même Savant, lorſqu'on double la hauteur du réſervoir, il faut doubler l'épaiſſeur du tuyau de plomb; & ſi l'on double le diametre, il faut encore doubler cette épaiſſeur, afin que la preſſion de l'eau ne le briſe pas.

Un jet trop mince, donne plus de priſe à la réſiſtance de l'air qui le diviſe aiſément en pluſieurs gouttes en forme de pluie, ce qui n'arrive pas à un jet d'un certain diametre.

Néanmoins lorſque le jet eſt trop gros, la maſſe d'eau ſupérieure qui s'eſt d'abord élevée, retombe ſur le jet, & ne s'éparpille qu'avec peine, d'où il réſulte un obſtacle à l'élévation de l'eau ; la même choſe n'a pas lieu lorſque le jet eſt plus délié. Ajoutez à cela, que lorſque la lumiere eſt fort ample, les molécules du liquide qui abordent vers ſa circonférence, ne pouvant paſſer qu'obliquement, nuiſent à l'élévation des colonnes qui s'élevent directement. Les lumieres qu'on pratique ſur des lames de métal planes & très-minces, qu'on applique perpendiculairement ſur les extrêmités des ajutages, laiſſent paſſer des jets très-réguliers, qui éprouvent peu de frottement. L'épaiſſeur qu'on doit donner à ces plaques de métal, doit être d'un vingtieme de pouce, lorſque le jet doit s'élever à vingt pieds de hauteur. Cette épaiſſeur doit être d'un dixieme de pouce, pour les jets qui s'élevent depuis 20 juſqu'à 35 pieds ; elle ſera d'un cinquieme de pouce, ſi les jets doivent s'élever depuis 35 juſqu'à 50 pieds. On doublera cette épaiſ-

ſeur, lorſque les jets devront monter depuis 50 juſqu'à 65 pieds. De plus l'extrêmité du canal par laquelle l'eau doit s'échapper, ne doit pas former un angle droit, mais ſon inflexion doit être adoucie en forme de courbe, afin que le mouvement de l'eau ſoit moins gêné.

22. Voici maintenant une Table par le moyen de laquelle la hauteur du réſervoir étant donnée, on pourra trouver la hauteur du jet, du moins à peu de choſe près.



Hauteurs des Jets exprimées en pieds.	*Hauteurs des Réservoirs exprimées en pieds & pouces*		*Dépense en une minute par un ajutage de 6 lignes de diametre, exprimée en pintes de Paris.*	*Diametres des Tuyaux de conduire relatifs aux 2 colonnes précédentes, exprimés en lignes.*
Pieds.	Pieds & P.		Pintes.	Lignes.
5	5	1	32	21
10	10	4	45	26
15	15	9	56	28
20	21	4	65	31
25	27	1	73	33
30	33	0	82	34
35	39	1	88	36
40	45	4	95	37
45	51	9	101	38
50	58	4	108	39
55	65	1	114	40
60	72	0	120	41
65	79	1	125	42
70	86	4	131	43
75	93	9	136	44
80	101	4	142	45
85	109	1	147	46
90	117	0	152	47
95	125	1	158	48
100	133	4	163	49

Selon le Docteur Desaguilliers, lorsque la hauteur du réservoir est de 150 pieds, celle du jet est de 100 $\frac{87}{100}$ pieds ou d'environ 100 pieds 10 pouces. Nous supposons que les tuyaux de conduite ne sont pas fort longs. Quand ils ont une certaine longueur & qu'ils sont horizontaux, le frottement est très-considérable, ce qui diminue beaucoup la vîtesse de l'eau. Mais cette vîtesse diminue bien davantage lorsque ces tuyaux ont des sinuosités & des coudes. Si la conduite doit être longue, il est nécessaire de placer des *regards* de distance en distance; un regard est un petit bâtiment quarré ou rond, dans lequel il y a une cuve de plomb ou d'autre matiere qui reçoit l'eau par le moyen d'un tuyau de chasse, saillant d'une certaine quantité au dessus de son fond, & qui la transmet à un ou plusieurs tuyaux de suite, saillants aussi au dessus du fond, ce qui donne moyen à l'eau de s'épurer en déposant la terre & les ordures qu'elle entraînoit. Au même fond est appliqué un tuyau de décharge, auquel est adapté un robinet qu'on ouvre de temps en temps, soit pour né-

toyer la cuve, ſoit pour mettre la conduite en décharge; outre cela on doit appliquer dans la partie ſupérieure des coudes, des ventouſes (*fig.* 79), pour laiſſer la liberté de s'échapper à l'air qui ſe loge dans les coudes *M N*, & qui gêne le mouvement de l'eau. Il arrive quelquefois que l'air mêlé avec la premiere eau qui jaillit, forme une colonne plus haute que n'eſt le réſervoir; ce qui n'auroit pas lieu, ſi le jet n'étoit compoſé que d'eau.

23. On peut faire d'excellens tuyaux de conduite en employant trois quarts de plomb d'Angleterre & un quart de celui d'Allemagne. On jette ces tuyaux en moule par repriſes de deux pieds & demi. La longueur des petits tuyaux peut être de 18 pieds; ceux qui ont 8 pouces de diametre n'ont ordinairement que 10 ou 12 pieds de longueur. Pour les éprouver, on bouche l'une de leurs extrêmités avec un morceau de bois garni de linges; & après les avoir rempli d'eau, on chaſſe dedans à coups de marteau, une verge de fer garnie de rondelles de cuir d'un diametre convenable; les efforts du

marteau font ouvrir le tuyau dans les endroits foibles, qu'on raccommode avec de la soudure. Voici les épaisseurs qu'on donne ordinairement aux tuyaux de plomb ou de fer, relativement à leur diametre.

Tuyaux de plomb.		Tuyaux de fer.	
Diametres exprimés en pouces.	*Epaisseurs exprimées* en lignes.	*Diametres exprimés* en pouces.	*Epaisseurs exprimées* en lignes.
1	2 ½	1	1
1 ½	3	2	3
2	4	4	4
3	5	6	5
4 ½	6	8	6
6	7	10	7
7	8	12	8

24. Parlons maintenant de l'action des fluides sur les solides, & réciproquement. Si un fluide *a m b* (*fig.* 80), supposé parfait (1), va choquer per-

(1) Un *fluide parfait* seroit celui dont les parties, après avoir choqué une surface, ne troubleroient point le mouvement de celles qui les suivent, lesquelles pourroient, à leur tour, agir sur le solide, comme si les molécules précédentes avoient été anneanties immédiatement après avoir produit leur effet.

pendiculairement une surface *AB*; il est visible que plus elle sera grande, plus le nombre des filets choquans sera grand, & l'impulsion du fluide augmentera comme la surface choquée. Ainsi l'effort du fluide sur une surface solide, doit suivre la raison de la grandeur de cette surface. Si le fluide est supposé avoir une vîtesse comme 3, la surface *AB* recevra dans un temps donné le choc d'un nombre de molécules trois fois plus grand que si la vîtesse étoit comme 1, de plus chaque molécule aura une vîtesse triple; mais une masse triple de fluide, mue avec une vîtesse triple, a un mouvement comme 9, quarré de la vîtesse 3. L'impulsion sera donc comme le quarré de la vîtesse.

Pour déterminer l'action d'un fluide qui choque obliquement la surface *AB*, égale à la surface *AP* (*fig.* 81), exposée perpendiculairement à son action, remarquons 1°. que le nombre des filets qui choquent cette premiere surface, peuvent être représentés par *AM*, qui en prenant *BA* pour rayon, est le *sinus* de l'angle

l'angle *A B M* (1), que fait la direction du fluide avec la surface choquée : angle que nous appellerons ici *l'angle d'incidence ;* ensorte que si *A M* est seulement la moitié de *A B*, il y aura deux fois plus de molécules qui choqueront la surface *A P* que la surface *A B*. Si l'on fait *B n* = *B A*, & qu'on mene la ligne *n p* perpendiculaire sur *B A*, *n p* sera également le sinus de l'angle *A B M* ou de *A B n*, & l'on aura aussi *n p* = *A M*. Faisons attention en second lieu, que si un filet *f t* de fluide (*fig.* 82), va frapper obliquement la surface *h t*, avec une force désignée par *f t*, son action se décomposera en deux autres, l'une parallele à la surface choquée, & l'autre *f h*, perpendiculaire à la même surface ; mais *f h* peut représenter le sinus de l'angle *d'incidence f t h*, que fait la direction du fluide avec la surface choquée ; ainsi si ce sinus est la moitié du sinus total désigné par *f t*, qui exprime l'impulsion absolue, l'action de ce

(1) Voyez notre Precis de Mathématiques, Géométrie, n°. 90.

filet, par rapport à la ſurface $h\,t$, ſera le tiers de ce qu'elle ſeroit ſur une ſurface perpendiculaire à ſa direction; c'eſt pourquoi, en revenant à la figure 81, dans la ſuppoſition que nous avons faite, & ſuppoſant encore $f\,t = B\,n = B\,A$, & l'angle $f\,t\,h$ égal à l'angle $n\,B\,A$, la ſurface $A\,B$ éprouvera l'effort d'une maſſe de fluide deux fois plus petite que ſi l'impulſion étoit perpendiculaire, & l'action de chaque molécule de cette maſſe ſera encore deux fois plus petite; ainſi, l'action totale ſera quatre fois plus petite; *enſorte que l'impulſion oblique eſt à l'impulſion directe, comme le quarré du ſinus de l'angle d'incidence au quarré du ſinus total ou du rayon :* ce qui doit arriver, quel que ſoit l'angle de la direction du fluide par rapport à la ſurface choquée.

25. Un corps qui ſe meut dans un fluide, communique du mouvement aux molécules qu'il rencontre continuellement ; & la réſiſtance qu'il éprouve eſt comme la quantité du mouvement qu'il perd à chaque inſtant, laquelle quantité de mouvement eſt proportionnelle à la quantité du fluide, (qu'on conçoit déplacé dans

un temps infiniment petit), multipliée par la vîtesse qu'il acquiert. Si le corps se meut uniformément, il est nécessaire qu'on lui applique une force capable de vaincre la résistance du milieu qu'il traverse; autrement son mouvement seroit retardé. Cette force doit être continuellement la même, puisque le mobile, parcourant des espaces égaux en temps égaux, est obligé à chaque instant de surmonter la même résistance.

Supposons maintenant qu'un mobile se meut dans un fluide avec une vélocité triple & uniforme, il parcourra dans le même temps un espace triple, en déplaçant un volume de fluide triple, à chaque molécule duquel il communiquera une vîtesse triple de celle qui auroit lieu si le mouvement du mobile étoit trois fois plus lent. Mais une masse triple qui reçoit une vîtesse triple, reçoit aussi un mouvement comme 9, quarré de la vîtesse 3; ensorte que la résistance d'un fluide, par rapport à un mobile qui le traverse, augmente comme le quarré de la vîtesse. Il est encore évident que la même résistance augmente comme la surface; ainsi,

les résistances d'un même fluide sont entr'elles comme les quarrés des vîtesses multipliés par la surface du mobile; & parce que les surfaces des globes sont comme les quarrés des diametres, (ainsi que nous l'avons démontré dans notre Précis des Mathématiques & ailleurs), les résistances qu'ils éprouvent dans un même fluide sont entr'elles comme les produits des quarrés des diametres par les quarrés de vîtesse; mais cela s'entend évidemment en supposant que la direction du mobile & du fluide est toujours la même. Il n'est pas moins évident que si la densité, qui est toujours comme la gravité spécifique, devient plus grande, la résistance deviendra plus grande; car la masse du fluide déplacé étant alors plus considérable, le mouvement perdu par le mobile sera plus grand. C'est pourquoi un corps qui se mouvroit dans le mercure, éprouveroit une résistance 14 fois plus grande que dans l'eau, dont la densité est 14 fois plus petite. Ainsi l'on peut dire que la résistance des fluides est proportionnelle à la surface du mobile qui les traverse, au quarré de sa vîtesse, & à la densité du fluide.

C'est ce que les Méchaniciens entendent lorsqu'ils assurent *que la résistance des fluides est en raison composée de la surface du mobile, du quarré de la vîtesse, & de la densité du fluide.*

26. Les principes que nous venons d'établir font voir que le mouvement d'un corps qui descend dans un fluide par l'action de la gravité, devient enfin uniforme; car supposons qu'un mobile descende à travers l'air, sa vélocité sera d'abord accélérée; mais à proportion qu'elle croîtra, la résistance du milieu augmentera comme le quarré de la vîtesse, tandis que la force impulsive de la gravité restera toujours la même; c'est pourquoi il arrivera bientôt que la force de la gravité sera égale à la résistance du fluide, & alors le mouvement deviendra uniforme, ainsi que l'apprend l'expérience. Il y a des Physiciens qui prétendent qu'un cylindre qui se meut dans un milieu résistant, & de même gravité spécifique que lui, doit perdre la moitié de son mouvement en parcourant la longueur de son axe, parce que, disent-ils, il déplace alors une masse

égale à la ſienne, à laquelle, par les loix du mouvement, il doit communiquer la moitié de ſa vîteſſe. Ce raiſonnement eſt plus ſpécieux que ſolide, car il ſuppoſe qu'un mobile qui va choquer ſucceſſivement pluſieurs autres corps, perd toujours la même quantité de mouvement que s'il choquoit un ſeul mobile dont la maſſe fût égale à la ſomme des maſſes de tous les corps choqués, ce qui eſt faux. Suppoſons qu'un mobile *A* peſant deux livres, aille choquer avec 18 degrés de vîteſſe un mobile *B* d'une livre; par les loix du choc des corps, dont nous avons parlé dans la ſection précédente, la vîteſſe du corps frappé ſera, (après le choc), égale au mouvement 36 du corps choquant, diviſé par la ſomme 3 des maſſes; ainſi cette vîteſſe ſera comme 12, & le mouvement communiqué ſera auſſi comme 12, produit de la vîteſſe 12 par la maſſe 1. Donc, après le choc, le mouvement du corps *A* ſera 24. Suppoſons qu'avec ce mouvement il aille choquer un autre corps *C* d'une livre, la vîteſſe qu'il lui communiquera ſera

égale au mouvement 24 divisé par la somme 3 des masses ; ainsi elle sera exprimée par 8, aussi-bien que le mouvement communiqué, c'est pourquoi le mobile *A* n'aura plus que 16 degrés de mouvement, tandis que s'il avoit choqué un seul corps de deux livres, il auroit seulement perdu 18 degrés de mouvement. En employant le calcul intégral, nous trouvé dans le cinquieme volume de notre Cours de Mathématiques (*pag.* 445), qu'un cylindre qui se meut dans un fluide supposé parfait, & de même densité que ce cylindre, avec une vîtesse initiale de 10 pieds par seconde, ou de 10 degrés, en perd plus de six en parcourant la longueur de son axe.

27. Nous avons supposé jusqu'ici que les fluides étoient parfaits, qu'ils étoient composés de différens filets dont les molécules placées sur la même ligne, après avoir rencontré le mobile qui les réfléchit, ne troubloient point le mouvement des particules suivantes. Cependant les choses ne sont pas ainsi ; car les molécules des fluides ont entr'elles différens arrangemens, elles se choquent de différentes

manieres indirectes, que toute la sagacité humaine ne sauroit déterminer. Ajoutons à cela la résistance des particules fluides, qui vient de la tenacité, de la gravité, & du frottement mutuel des parties; résistance qu'il paroît impossible de pouvoir jamais soumettre au calcul. Dans le choc direct, les molécules ayant moins de facilité pour s'échapper que dans le choc oblique, il se forme sur la surface choquée un petit amas d'eau qui augmente la force du choc dans un plus grand rapport que les surfaces; aussi l'expérience apprend que la résistance des fluides n'est pas proportionnelle à la surface du mobile qui les traverse; & cela à lieu surtout rélativement au choc oblique, & aux surfaces courbes, exposées à l'action des fluides: néanmoins on peut se servir avec assez d'avantage de la théorie précédente, quand il s'agit d'une surface frappée perpendiculairement par un fluide.

Lorsqu'une sphere se meut dans l'eau, la résistance qu'elle éprouve est proportionnelle au quarré de la vîtesse, & elle est à celle de son grand cer-

cle, comme 2 à 5 environ; mais cette résistance est moindre lorsque le globe est enfoncé dans l'eau, que lorsqu'il se meut à sa surface; dans ce dernier cas les résistances croissent dans un plus grand rapport que les quarrés des vîtesses.

28. Il n'est pas nécessaire de dire que lorsqu'un fluide va choquer un corps qui est mu dans le même sens, le choc est le même que si le corps étant en repos, le fluide avoit une vîtesse égale à la vîtesse respective; ainsi un fluide qui va choquer avec une vîtesse de 5 pieds par seconde, un corps qui se meut dans le même sens, en parcourant 2 pieds dans le même temps, lui communique le même mouvement que si le corps étant en repos, la vîtesse du fluide n'étoit que de trois pieds par seconde. Voici une Table que nous empruntons de M. Bouguer (Manœuvre des Vaisseaux, page 185), qui donnera quelque idée de la force du choc des fluides.

Table des Impulsions de l'Eau sur une surface d'un pied quarré, frappée perpendiculairement.

Vîtesse en une seconde.	*Impulsions.*		*Vîtesse en une seconde.*	*Impulsions.*
Pieds.	Liv.	Onc.	Pieds.	Livres.
1	1	3	14	235
2	4	13	15	270
3	10	12	16	300
4	19	3	17	334
5	30	0	18	389
6	43		19	434
7	59		20	480
8	75		21	529
9	97		22	580
10	120		23	633
11	145		24	688
12	172		25	750
13	203			

29. L'air eſt environ 850 fois plus rare que l'eau ; auſſi ſa force impulſive eſt-elle beaucoup plus petite ; la Table ſuivante que nous devons au même Auteur, eſt ſuffiſante pour nous faire connoître à peu près les efforts moyens de ce fluide, ſelon les différentes vîteſſes avec leſquelles il peut choquer un corps.

Table des Impulsions du Vent sur une surface d'un pied quarré, frappée perpendiculairement.

Vîtesse du vent en une seconde.	*Impulsions.*		*Vîtesse du vent en une seconde.*	*Impulsions.*	
Pieds.	Liv.	Onc.	Pieds.	Liv.	Onc.
1	0	$\frac{1}{40}$	22	0	11
2	0	$\frac{1}{10}$	23	0	12
3	0	$\frac{1}{5}$	24	0	13
4	0	$\frac{1}{3}$	25	0	14
5	0	$\frac{1}{2}$	26	0	15
6	0	$\frac{4}{5}$	27	1	1
7	0	$1\frac{1}{10}$	28	1	2
8	0	$1\frac{1}{2}$	29	1	3
9	0	$1\frac{4}{5}$	30	1	4
10	0	$2\frac{1}{4}$	31	1	5
11	0	$2\frac{3}{4}$	32	1	7
12	0	$3\frac{1}{4}$	33	1	9
13	0	$3\frac{4}{5}$	34	1	10
14	0	$4\frac{2}{5}$	35	1	12
15	0	5	36	1	13
16	0	$5\frac{3}{4}$	37	1	15
17	0	$6\frac{1}{2}$	38	2	1
18	0	$7\frac{1}{3}$	39	2	2
19	0	$8\frac{1}{7}$	40	2	5
20	0	9	41	2	6
21	0	10	42	2	8

Vîtesse du vent en une seconde.	*Impulsions.*		*Vîtesse du vent en une seconde.*	*Impulsions.*	
Pieds.	Liv.	Onc.	Pieds.	Liv.	Onc.
43	2	9	72	7	5
44	2	12	73	7	8
45	2	14	74	7	12
46	3	0	75	7	15
47	3	2	76	8	3
48	3	4	77	8	7
49	3	6	78	8	11
50	3	8	79	8	15
51	3	11	80	9	3
52	3	14	81	9	6
53	4	1	82	9	9
54	4	3	83	9	12
55	4	5	84	9	15
56	4	7	85	10	3
57	4	9	86	10	6
58	4	12	87	10	10
59	4	15	88	10	13
60	5	1	89	11	2
61	5	4	90	11	7
62	5	6	91	11	11
63	5	9	92	11	15
64	5	11	93	12	3
65	5	14	94	12	7
66	6	2	95	12	12
67	6	5	96	13	0
68	6	9	97	13	4
69	6	12	98	13	9
70	6	15	99	13	13
71	7	2	100	14	2

Les Physiciens ont imaginé divers instrumens pour mesurer l'effort du vent. Ces Instrumens sont connus sous le nom d'*Anémometres*. M. Bouguer, dans son Traité du Navire, en propose un fort simple, & d'un usage assez commode. Il est formé d'une surface plane *A B* (*fig. 83. P*) de la grandeur d'un quart de pied quarré. Cette surface est un morceau de carton, ou bien un morceau de toile de voile, renfermé dans un chassis très-léger, & elle est appliquée perpendiculairement à l'extrêmité d'une verge *C D*, qui entre par son autre extrêmité dans un tuyau ou canon *E F* qui sert de manche à l'instrument. On tient l'anemometre par ce tuyau, lorsqu'on présente sa surface au vent. L'impulsion, selon qu'elle est plus ou moins forte, fait entrer plus ou moins la verge dans le tuyau. Elle y presse un ressort à boudin qui y est renfermé; & comme la verge est graduée, elle marque par son enfoncement la force du vent à peu près de la même maniere qu'on a sur les pesons d'Allemagne, la pesanteur des choses qu'on veut peser. Il n'y a que cette seule

différence, que dans les peſons d'Allemagne, les plus grands poids font ſortir du tuyau une plus grande partie de la verge ; au lieu que dans cet anemometre, les plus grandes impulſions du vent le font entrer davantage; ainſi la graduation doit être dans un ſens contraire.

» Je pourrois me diſpenſer, dit M. Bouguer, d'ajouter que, pour graduer ou diviſer la verge *C D*, il faut que l'inſtrument ſoit preſqu'entierement conſtruit. On le met dans une ſituation verticale, & on place ſucceſſivement des poids plus ou moins grands, ſur le plan *A B* qui ſe trouve alors ſitué horizontalement, & on marque leur peſanteur ſur chaque point *D* de la verge. On peut imaginer divers moyens d'exécuter la même choſe avec un ſeul poids qu'on fera agir plus ou moins, en ſe ſervant d'un levier. Une attention qui eſt eſſentielle dans la conſtruction de cet inſtrument, c'eſt de donner à la verge qui ſoutient la ſurface, le moins de longueur qu'il eſt poſſible, & de rendre le tout très-léger. On doit augmenter un peu le poids de la verge

vers son extrêmité intérieure; & pour diminuer le frottement, on peut faire passer cette verge sur un petit rouleau, à son entrée dans le tuyau. Cet instrument étant construit, lorsqu'on l'expose au vent, il ne prend pas une situation constante, il est dans un mouvement continuel; ainsi il faut prendre le milieu des différens nombres qu'il marque ».

30. Comme le ressort de l'air, sa pesanteur & sa densité ne sont pas toujours les mêmes, ainsi que tous le monde le sait, on ne doit pas regarder la table précédente comme fort exacte. Si nous en croyons Desaguilliers, un solide qui se meut dans l'air, y trouve une résistance proportionnelle à sa surface & au quarré de sa vîtesse; d'où ce Physicien conclut que ce fluide n'a aucune tenacité ou viscosité, & que ses parties ne se touchent pas mutuellement. Quoi qu'il en soit de cette conséquence, il est certain que plusieurs fluides, tels que les huiles & l'eau, opposent au mouvement des corps, une résistance proportionnelle à leur viscosité; & cette résistance, disent plusieurs Physiciens, est la

même en temps égaux, quelle que ſoit la vîteſſe du mobile; car ſi la vîteſſe du mobile eſt deux fois plus grande, il diviſera à la vérité deux fois plus de molécules fluides, que ſi elle étoit moitié moindre, mais il éprouvera auſſi, pendant deux fois moins de temps, la réſiſtance qui vient de la tenacité de chaque particule. C'eſt pourquoi la force qu'il emploiera pour vaincre cette réſiſtance, ſera la même dans ces deux cas. D'autres Phyſiciens aſſurent que cette réſiſtance varie avec la vîteſſe, parce que, diſent ils, plus la vîteſſe eſt grande, plus, à cauſe de la tenacité, il s'accumule de parties fluides au devant du mobile, plus il faut mouvoir de parties, & plus le mouvement des molécules latérales eſt troublé.

Les Méchaniciens ne ſont pas d'accord quand il s'agit de déterminer l'impulſion abſolue de l'eau qui frappe perpendiculairement un plan. Pluſieurs font cette force égale au poids d'une colonne de même fluide, laquelle auroit pour baſe la ſurface choquée, & pour hauteur celle qui eſt due à la vîteſſe de l'eau. Si on entretient un réſer-

voir *A B C D* (*fig.* 83) conſtamment plein, & qu'ayant pratiqué une petite ouverture en *t*, à laquelle on ait adapté un ajutage convenable d'environ un pouce de longueur, lorſque l'eau coulera ſur la plaque *p*, placée à l'extrêmité du bras d'une balance, on trouvera que le choc eſt environ une fois plus petit lorſque la plaque touche pour ainſi dire le bout de l'ajutage, que quand il y a un certain intervalle entre l'orifice & la plaque, pour permettre à la liqueur d'acquérir toute la vîteſſe dont elle eſt ſuſceptible. De plus, ſi on ſuppoſe, (& quelques expériences, ſemblent indiquer la néceſſitéde cette ſuppoſition), que la contraction de la veine fluide à l'entrée de l'ajutage, diminue la quantité de l'écoulement, & le rend tel qu'il auroit lieu, ſans cette contraction, en ſuppoſant la hauteur du réſervoir égale aux deux tiers de ce qu'elle eſt; on trouvera que le choc eſt dans le ſecond cas, un peu plus petit que le poids d'une colonne de fluide qui auroit pour baſe l'orifice même de l'ajutage, & pour hauteur, la hauteur de celle du

réservoir ; & l'expérience apprend que l'orifice étant le même, la dépense naturelle, qui auroit lieu indépendamment de toute résistance, la dépense par un tuyau additionnel, la dépense par un orifice percé dans une mince paroi, sont entr'elles à peu près comme les nombres 16, 13, 10: ces rapports paroissent suffisans pour la pratique.

CHAPITRE III.

Du Cours des Rivieres.

31. LES plus grandes rivieres sont ordinairement dirigées comme les plus grandes montagnes, & il y en a peu qui ne suivent la direction des branches de ces montagnes ; c'est pour quoi dans l'Europe, l'Asie & l'Afrique, les fleuves s'étendent plus d'occident en orient que du nord au sud ; ce qu'on doit attribuer aux chaînes des montagnes dont plusieurs sont dirigées dans ce sens : mais dans l'Amérique méridionale, où il n'y a

qu'une chaîne principale de montagnes qui court du nord au midi, les rivieres n'étant retenues par aucune autre chaîne de montagnes, doivent couler dans un ſens perpendiculaire à la direction des montagnes, c'eſt-à-dire, d'occident en orient ou d'orient en occident ; & c'eſt auſſi dans ce ſens que coulent tous les fleuves de l'Amérique ; parce qu'à l'exception des Cordilieres, il n'y a pas de chaînes de montagnes fort étendues, & il n'y en a point dont les directions ſoient paralleles les unes aux autres, ni aux Cordilieres. Dans l'ancien Continent, il y a pluſieurs longues chaînes de montagnes dirigées d'occident en orient ; c'eſt pourquoi, la plus grande partie des rivieres y coule dans cette direction.

32. Dans les larges vallées & dans les plaines où coulent les grandes rivieres, la ſurface de l'eau ſe trouve ſouvent plus élevée que les terres adjacentes ; cette élévation du terrein au bord des fleuves provient des dépôts du limon dans les inondations.

33. On dit que dans l'intérieur des terres, à une diſtance conſidérable

de la mer, les fleuves vont droit en ſuivant la même direction dans de grandes longueurs, & que leurs ſinuoſités ſe multiplient à meſure qu'ils approchent de leur embouchure; c'eſt par-là que les Sauvages de l'Amérique Septentrionale jugent à peu près à quelle diſtance ils ſe trouvent de la mer; il y a encore une autre remarque qui peut être utile aux voyageurs; c'eſt que dans les grandes rivieres il y a le long des rivages un *remous* conſidérable, & d'autant plus remarquable, qu'on eſt moins éloigné de la mer, & que le lit de la riviere eſt plus large.

34. Lorſqu'un fleuve groſſit ſubitement par la chûte des pluies ou la fonte des neiges, le milieu de l'eau s'éleve, & la riviere forme comme une eſpece de courbe convexe, dont le point le plus élevé eſt dans le milieu du courant; de maniere que la différence des niveaux de l'eau du bord & de celle du courant, peut-être de pluſieurs pieds; ce qu'il faut attribuer aux différens obſtacles que l'eau rencontre du côté des bords, tandis que la grande vîteſſe du courant dimi-

nuant l'action de sa pesanteur, l'eau qui le forme ne se met pas en équilibre par tout son poids avec celle qui est près des bords, ce qui fait qu'elle demeure plus élevée que celle-ci. Lorsque les rivieres approchent de leur embouchure, on observe ordinairement que l'eau qui est près des bords a plus d'élévation que celle du milieu : ce qui arrive toutes les fois que l'action des marées se fait sentir dans un fleuve. On n'aura pas de peine à concevoir la raison de ce phénomene, si l'on veut faire attention avec moi, que le milieu du fleuve qui forme le courant, & qui souvent conserve son mouvement au milieu des eaux de l'océan jusqu'à des distances considérables, a plus de force pour résister à l'action de la marée, que l'eau située vers ses bords; c'est pourquoi l'action de la marée forme un contre-courant ou un *remous* qui fait remonter l'eau voisine des rivages, tandis que celle du milieu descend; mais alors toute l'eau du fleuve devant passer par le courant, celle des bords doit descendre vers le courant, avec d'autant plus de rapi-

dité qu'elle eſt plus élevée, & refoulée avec plus de violence par l'action de la marée.

Il y a un autre remous produit par quelqu'obſtacle, comme une avance de terre, un rocher, &c. Cette eſpece de remous ne fait pas toujours un contre-courant, mais il produit la plupart du temps ce que les gens de riviere appellent une *morte*, c'eſt-à-dire, des eaux qui tournoient : de façon que quand les bateaux y ſont entraînés, il n'eſt pas toujours aiſé de les en faire ſortir. Ces eaux mortes ſe font remarquer dans les rivieres rapides au paſſage des ponts, où la vîteſſe du fleuve augmente, parce que le canal étant rétreci par les arches, la même quantité d'eau ne peut paſſer dans le même temps, ſi la vîteſſe n'augmente dans le même rapport que la capacité du canal diminue. Il n'eſt donc pas ſurprenant que la vîteſſe de l'eau étant plus grande à la ſortie de l'arche d'un pont, celle qui eſt à côté du courant ſoit pouſſée latéralement contre les bords de la riviere, & que par la réaction, il ſe forme un mouvement de tournoie-

ment, quelquefois très-fort, comme on peut le remarquer au pont Saint-Esprit. Si ce tournoiement produit, par le mouvement du courant & par le mouvement opposé du *remous*, est fort rapide, on observe une espece de petit gouffre, dont le milieu paroît être vuide, & forme une cavité, autour de laquelle l'eau tournoie avec rapidité : cette cavité est produite par la force centrifuge, qui éloigne l'eau du centre du tourbillon causé par le *remous*.

Lorsque les gens de riviere s'apperçoivent d'une augmentation de vîtesse dans l'eau du fond de la riviere, ils annoncent un prompt & subit accroissement des eaux. On rendra raison de ce phénomene, en disant que le poids des eaux supérieures qui ne sont pas encore arrivées, réagit sur les eaux de la partie inférieure de la riviere, en augmentant leur vîtesse; car un fleuve entier est à certains égards, comme un long canal, dans lequel les mouvemens doivent se communiquer d'une extrêmité à l'autre.

La vîtesse des eaux courantes dépend beaucoup plus de la quantité

d'eau, & du poids des eaux supérieures que de la pente ; & lorsqu'on veut creuser le lit d'un égoût, il est nécessaire, pour donner plus de vîtesse à l'eau, de donner beaucoup plus de rapidité à la pente au commencement qu'à l'embouchure ; car on remarque que lorsque les fleuves approchent de leur embouchure, la pente est presque nulle, & cependant leur rapidité est d'autant plus grande, que le fleuve a plus d'eau. Supposons qu'à l'embouchure d'une riviere le lit soit de niveau, & que la profondeur de l'eau soit de vingt pieds, celle du fond étant chargée d'un poids si considérable, coulera avec une grande vîtesse. Le poids de l'eau contribue donc beaucop à sa vîtesse ; & c'est pour cela que quand on veut conduire des eaux d'un lieu dans un autre, il vaut mieux faire le canal ou l'aqueduc plutôt profond que large, afin que l'eau puisse surmonter facilement la résistance du frottement. Cependant la plus grande rapidité du courant n'est pas au fond, parce que les inégalités du lit, les rochers, les plantes, &c. de la riviere, retardent considéra-

blement

blement le mouvement de l'eau inférieure; mais cette plus grande rapipidité ſe trouve ordinairement vers le milieu de la hauteur de l'eau, rarement vers le fond, & quelquefois à la ſurface. Lorſque le lit eſt horizontal, l'eau ſupérieure ne coule que parce qu'elle eſt entraînée par l'inférieure; & ſi l'on oppoſe alors un obſtacle à l'eau de la ſurface, elle s'arrêtera ſans s'élever; au lieu qu'elle s'élevera ſi c'eſt la pente qui cauſe le mouvement. Bien plus, ſi une riviere avoit acquis une très-grande rapidité, non ſeulement elle la conſerveroit en traverſant un terrein de niveau, mais même elle pourroit ſurmonter une petite éminence, ſans ſe répandre beaucoup des deux côtés, & ſans cauſer une inondation conſidérable.

35 Les eaux s'élevent à la rencontre de l'avant-bec d'un pont, ce qui augmente leur vîteſſe entre les piles; de ſorte que le retardement que cet obſtacle cauſe à la vîteſſe totale du cours de l'eau, eſt bien peu de choſe. Les ſinuoſités, les terres avancées, les iſles diminuent auſſi très-peu la vîteſſe totale du cours d'une riviere. Un

moyen plus propre à arrêter la fureur de l'eau, seroit de faire, de distance en distance, dans l'angle obtus des sinuosités, des petits golphes, en élevant le terrein de l'un des bords, jusqu'à une certaine distance dans les terres. Ce moyen seroit peut-être très-utile pour prévenir la chûte des ponts dans les endroits où il n'est pas posible de faire des barres auprès.

Lorsqu'un fleuve grossit, sa vîtesse va en augmentant jusqu'à ce qu'il commence à déborder. Dans cet instant la vîtesse de l'eau diminue; & c'est pour cette raison que les inondations durent plusieurs jours, quoique la pluie cesse, & qu'il arrive une moindre quantité d'eau, parce que la même quantité de fluide n'étant plus emportée dans le même temps qu'elle l'étoit auparavant, les choses se passent comme s'il en arrivoit une plus grande quantité. Lorsqu'un vent constant souffle contre le courant du fleuve, l'inondation est plus grande qu'elle ne l'auroit été sans cette cause, qui diminue la vîtesse de l'eau; mais si le vent souffle dans la direction de la riviere, l'inondation sera moins

considérable, & diminuera plus promptement. « La crue du Nil (dit M. Granger) & son inondation, a long-temps occupé les Savants; la plupart n'ont trouvé que du merveilleux dans la chose du monde la plus naturelle, & qu'on voit dans tous les pays du monde; ce sont les pluies qui tombent dans l'Abyssinie & dans l'Ethiopie, qui font la croissance & l'inondation de ce fleuve; mais on doit regarder le vent du nord comme cause primitive; 1°. Parce qu'il chasse les nuages qui portent cette pluie du côté de l'Abyssinie; 2°. Parce qu'étant le traversier des deux embouchures du Nil, il en fait refouler les eaux à contre vent, & empêche par-là qu'elles ne se jettent en trop grand quantité dans la mer. On s'assure tous les jours de ce fait, lorsque le vent étant au nord, & changeant tout à coup au sud, le Nil perd dans un jour ce dont il étoit cru dans quatre ». (Page 13 & 14, Voyage de Granger, Paris 1745).

On prétend que le Nil passe au milieu du Lac de Dembée, dans l'Abyss-

finie, ſans y mêler ſes eaux. Ce Lac qui donne le nom à la Province, a cent lieues de long ſur trente ou quarante de largeur, l'eau en eſt douce, agréable, & beaucoup plus légere que celle du Nil. Ce fleuve eſt environ quarante jours à croître, & autant à décroître. Selon Herodote, il étoit autrefois cent jours à croître, & autant à décroître. Si le fait eſt vrai, cela peut venir du terrein, que le limon a hauſſé peu à peu, & de la dimunition des montagnes de l'Afrique, dont il tire ſa ſource; parce que les pluies abondantes qui tombent ſur ces montagnes, entraînent la terre & le ſable. Les pluies tombent en Ethiopie depuis le mois d'Avril où elles commencent, juſqu'en Septembre où elles finiſſent : le débordement du Nil commence en Egypte vers le 17 Juin. Il y a d'autres fleuves dont les débordemens ſe font régulierement tous les ans, comme la riviere de Pegu ou le Nil Indien, le Niger en Afrique, le fleuve de la Plata au Breſil, le Gange, l'Indus, l'Euphrate. L'Orenoque, qui conſerve la douceur de ſes eaux à douze

lieues dans la mer, commence à croître en Avril, monte continuellement pendant cinq mois, reste le sixieme dans son plus grand accroissement, commence à baisser en Octobre jusqu'au mois de Mars, qu'il passe tout entier dans l'état de sa plus grande diminution ; ce phénomene paroît être occasionné par les pluies & la fonte des neiges des Cordilieres.

36. Quoique la pente du lit d'une riviere diminue ordinairement à proportion qu'elle approche de son embouchure, cependant sa vîtesse va souvent en augmentant pour les raisons dont nous avons déjà parlé ; c'est pour cela que la hauteur des levées qu'on a faites pour contenir les eaux du Pô, va toujours en diminuant ; de sorte qu'à Ferrare, à cinquante ou soixante milles de distance de la mer, les levées ont environ vingt pieds de hauteur, tandis qu'à douze milles de la mer elles n'en ont pas douze, quoique le canal du fleuve n'y soit pas moins étroit. Les inondations sont donc ordinairement moins grandes & moins à craindre

dans les parties inférieures des rivieres, & aux environs de leur embouchure, où il y a cependant une plus grande maſſe d'eau. Et ceci peut nous faire comprendre pourquoi la jonction des rivieres, procurant une plus grande quantité d'eau capable de creuſer davantage le canal, & d'augmenter ſa vîteſſe, peut ſouvent prévenir les inondations que la diviſion des eaux d'un fleuve qu'on partageroit en pluſieurs canaux, pourroit quelquefois produire. Bien plus, une petite riviere peut mêler ſes eaux avec une autre, ſans que la largeur ou la profondeur du canal de cette derniere en ſoient nullement altérées; parce que l'augmentation de la vîteſſe peut être ſuppoſée égale à celle de la quantité d'eau que fournit la petite riviere.

37. Il peut encore arriver que la vîteſſe du courant étant augmentée, l'eau creuſe davantage ſon lit aux dépens de ſa largeur, qui en ſera diminuée; mais quelle que ſoit la vîteſſe d'une riviere, elle corrodera plus difficilement un lit de craie, d'argille, ou de gravier, qu'un lit de

ſable. Les eaux des rivieres, en rongeant continuellement leurs bords, tendent à les rendre paralleles à leur direction, & à élargir leur lit, juſqu'à ce qu'il ſe faſſe, pour ainſi dire, un certain équilibre entre la force de l'eau & la réſiſtance. Toutes choſes d'ailleurs égales, plus une riviere a de pente, plus elle a de vîteſſe, & plus elle corrode le fond, pour le rendre horizontal. Et ſi la vîteſſe vient à augmenter par l'affluence d'une plus grande quantité d'eau, le fond ſera corrodé davantage, l'excavation augmentera, mais la ſituation du fond tendra à reſter horizontale. C'eſt par cette raiſon que quand deux rivieres ſe réuniſſent, le lit commun a moins de pente que n'en avoient les lits particuliers des mêmes rivieres avant leur union, & que les plus grands fleuves ont ordinairement moins de pente que les petits. Mais la tenacité des terres augmentant ordinairement à proportion qu'on s'éloigne de la ſurface de la terre, les eaux doivent corroder plus difficilement le fond de leur lit que les rivages; auſſi remarque-t-on que les rivieres qui coulent dans

des canaux de matieres homogenes & de peu de consistance, sont beaucoup plus larges que profondes. Cependant quoiqu'ordinairement la longueur & la profondeur des canaux des rivieres ne passent pas certaines limites, on observe néanmoins que les fleuves dont les eaux sont grossieres & limoneuses, déposent souvent sur les bords des matieres qui les rétrécissent, & qui changent la direction du courant. D'autres fois les matieres hétérogenes, que les eaux déposent sur le fond de leur lit, dans les endroits où leur vîtesse est ralentie, diminuent la profondeur du courant, & changent même le lit de la riviere. Mais il est très-difficile, & peut-être même impossible de soumettre ces effets à un calcul rigoureux, & l'on doit faire peu de fonds sur les vaines promesses de ces Géometres, qui entendant mieux le calcul que la physique, ignorant la situation des lieux, la nature du terrein, osent proposer des remedes contre les inondations, & en assurer le succès.

38. Les plus grands fleuves de l'Amérique, qui sont aussi les plus

larges fleuves de la terre, sont *la riviere des Amazones*, dont le cours est de plus de 1200 lieues; le fleuve *Saint-Laurent* en Canada, qui à plus de 900 lieues, depuis son embouchure jusqu'au Lac des *Assiniboïls*; le fleuve *Missisipi*, qui a plus de 700 lieues, depuis son embouchure jusqu'à quelques-unes de ses sources, situées près du même Lac; la riviere de *la Plata* a plus de 800 lieues de cours, à compter depuis son embouchure jusqu'à la source de la riviere *Parana* qu'il reçoit; *l'Orenoque* à un cours de plus de 575 lieues, en comptant depuis la source de la riviere *Caketa* près de Paslo, qui se jette en partie dans l'Orenoque, & coule aussi en partie vers la riviere des Amazones; la riviere *Madera*, qui se jette dans la même riviere des Amazones, a plus de 660 lieues de cours.

Les plus grands fleuves de l'Afrique, sont le *Senegal*, qui a plus de 1100 lieues de cours, en y comprenant le *Niger*, qui n'en est qu'une continuation, & en remontant le Niger jusqu'à la source du *Gombarou*, qui coule dans le Niger; le *Nil*, dont la lon-

gueur eſt d'environ 970 lieues, & qui prend ſa ſource dans la haute Ethiopie. On ne connoît qu'environ 400 lieues du *Zaire* & du *Coanza;* mais ces fleuves s'étendent bien plus loin dans les terres du Monoemugi; on ne connoît non plus qu'environ 400 lieues du *Couama*, qui vient de plus loin des terres de la Cafrerie; mais le *Quilmanci*, dont le cours entier eſt d'environ 400 lieues, a ſa ſource dans le Royame de Gingiro.

39. L'Aſie a auſſi de très-grands fleuves; le *Genyſea* de la Tartarie, a environ 800 lieues d'étendue; *l'Oby*. a un cours d'environ 600 lieues; le fleuve *Amours* de la Tartarie orientale, a environ 575 lieues de cours; le fleuve *Menamcon* a ſon embouchure à Poulo-Condor, & l'on peut le meſurer depuis la ſource du *Longmu* qui s'y jette. Le fleuve *Kiam* a un cours d'environ 550 lieues, en le meſurant depuis ſon embouchure dans la mer de la Chine, juſqu'à la ſource de la riviere Kinxa, qu'il reçoit. Le *Hoanho* de la Chine, a environ 850 lieues de cours, en prenant ſa ſource à *Raja-Ribron*,

jusqu'à son embouchure dans la mer de la Chine, au midi du Golphe de Changi. L'Indus a environ 400 lieues de cours. Le fleuve *Sirderoias* a environ la même étendue, & se jette dans le Lac Aral. L'*Euphrate* a un cours d'environ 500 lieues, en comptant depuis la source de la riviere Irma, qu'il reçoit; mais le *Gange* a un cours d'environ 550 lieues.

40. Les plus grands fleuves qu'on trouve en Europe, sont le *Volga*, qui se jette dans la mer Caspienne, & qui a environ 650 lieues de cours; le *Danube*, dont le cours est d'environ 450 lieues, prend sa source dans les montagnes de Suisse, & se jette dans la mer noire; le *Nieper*, dont le cours est d'environ 350 lieues, a aussi son embouchure dans la même mer, aussi-bien que le *Don*, qui a 400 lieues de cours, en comptant depuis la source du Sosna, qu'il reçoit; La *Duine*, qui se jette dans la mer blanche, a environ 300 lieues de cours.

41. Si on suppose que la moitié

du globe terreſtre ſoit couverte par la mer, ce qui ne s'éloigne pas beaucoup de la vérité, & que la profondeur moyenne de la mer ſoit d'environ 250 toiſes, ou d'un quart de mille d'Italie, la ſurface de toute la terre étant de 170981012 milles quarrés, la ſurface de la mer ſera de 8549050б milles quarrés, qui étant multipliés par un quart de mille, profondeur moyenne ſuppoſée de la mer, donnent 21372626 milles cubiques, pour la quantité d'eau contenue dans la mer toute entiere. Pour calculer la quantité d'eau que les rivieres fourniſſent, prenons quelque grand fleuve dont la vîteſſe & la quantité d'eau ſoient connues: le *Pô*, qui paſſe en Lombardie, & qui ſelon *Ricciolli*, arroſe un terrein de 380 milles de longueur, a, avant de ſe diviſer en pluſieurs bouches, pour tomber dans la mer, une largeur de 100 perches de Bologne, ou de 1000 pieds, une profondeur de 10, avec une vîteſſe de 4 milles dans une heure. Ainſi ce fleuve fournit à la mer 200000 perches cubiques en 1 heure, ou

4800000 dans un jour; (1) mais un mille cubique vaut 125000000 de perches cubiques ; ainsi cette riviere fournit un mille cubique d'eau à la mer en 26 jours. Supposons maintenant que la quantité d'eau que la mer reçoit par les grandes rivieres, dans tous les pays, soit à peu près proportionnelle à l'étendue & à la surface de ce pays, & que les contrées arrosées par le Pô & par les rivieres qui y tombent, soient à la surface de toute la terre seche, dans le même rapport que le Pô est à toutes les rivieres de notre globe; or le Pô depuis sa source jusqu'à son embouchure, traverse une contrée de 380 milles de longueur, & reçoit des rivieres dont les sources sont à

(1) Il est visible que l'on trouve la quantité d'eau qui passe par un canal dont la section est de 10000 pieds quarrés, par exemple, en multipliant ce nombre par la vîtesse de l'eau; car si cette vîtesse est de 10 pieds par minute, il passera dans ce temps un prisme d'eau qui aura 10 pieds de longueur & une base de 10000 pieds quarrés; ce qui, par les principes de la Géométrie élémentaire, donnera 100000 pieds cubes.

environ ſoixante milles de diſtance de ſon lit; de ſorte que ce fleuve, en y comprenant les rivieres qui s'y jettent, arroſe une étendue de terrein de trois cens quatre-vingt milles de long ſur cent vingt milles de large, ou de 45600 milles quarrés, qui forment une ſurface 1874 fois plus petite que celle de toute la terre ſeche. Donc la quantité d'eau que la mer reçoit par toutes les rivieres, eſt environ 1874 fois plus grande que celle que le Pô lui fournit; mais ce fleuve donne la vingt-ſixieme partie d'un mille cubique d'eau par jour; donc toutes les rivieres fourniſſent à la mer 1874 fois plus d'eau par jour, ou 26308 milles cubiques d'eau par an, & dans l'eſpace de 8012 ans, la mer reçoit 21372626 milles cubes d'eau, c'eſt-à-dire, autant qu'il y en a dans la mer.

Selon ce calcul, qu'on ne doit pas regarder comme bien rigoureux, la quantité d'eau que l'évaporation enleve de la ſurface de la mer, & qui produit les fleuves & les rivieres, eſt d'environ 21 pouces par an, ou d'environ

les deux tiers d'une ligne par jour ; ce qui est une très-petite évaporation, & qu'on pourroit doubler & même tripler, afin de tenir compte de l'eau qui retombe sur l'océan, & qui n'est pas transportée sur les terres ; aussi M. Halley a fait voir dans les Transactions Philosophiques (n°. 192), que les vapeurs qui s'élevent de la mer, & que les vents transportent sur la terre, sont suffisantes pour former & entretenir toutes les rivieres.

42. Le Jourdain fournit à la mer morte environ 6 millions de tonnes d'eau par jour. Cette mer a une surface d'environ 1296 milles quarrés ; & en comptant, suivant le calcul de Halley, 6914 tonnes d'eau réduites en vapeur par chaque mille de surface dans l'espace de 24 heures, la mer morte doit perdre tous les jours, par l'évaporation, près de 9 millions de tonnes d'eau, c'est-à-dire, non seulement toute l'eau que lui fournit le Jourdain, mais encore celle des rivieres qui lui viennent des montagnes de Moab & d'ailleurs.

Les fleuves les plus rapides de la terre, sont le *Malmistra* en Cilicie,

l'*Yrtis* en Siberie, l'*Indus*, le *Tigre*, &c. Or, la rapidité de l'eau vient de deux causes; la premiere, est la pente; la seconde, est le poids & la quantité d'eau, ainsi que nous l'avons remarqué ci-devant. Ilya dans l'ancien monde environ 430 fleuves, qui ont leurs embouchures dans l'océan, dans la mer méditerranée & la mer noire; mais dans le nouveau continent on ne connoît qu'environ 180 fleuves, qui ont leur embouchure immédiate dans la mer. On ne comprend dans ce nombre, que des rivieres grandes, au moins comme l'est la Somme en Picardie.

43. On voit au Perou & au Chili, des fleuves qui sont presqu'à sec pendant la nuit, mais qui roulent leurs eaux avec abondance pendant le jour, parce que leurs canaux en sont fournis par les neiges, que la chaleur du soleil fait fondre sur les montagnes. Il y a en Europe des rivieres abondantes en été; elles tirent leur source des glaciers; mais celles qui sont entretenues par les pluies, diminuent dans cette saison. On voit quelquefois des rivieres diminuer tout à

coup. La nuit du 28 au 29 Décembre 1762, les eaux de la riviere d'Eden en Angleterre, baisserent d'environ deux pieds; & cet abaissement fut si rapide, que plusieurs poissons n'eurent pas le temps de suivre le courant, & resterent à sec sur le rivage. Les eaux recommencerent vers onze heures du matin à remonter par gradation jusqu'à leur premier niveau. Ne pourroit-on pas penser que ces eaux pénétrerent dans les cavités de la terre, par le moyen de quelque ouverture qui se fit dans le lit de la riviere? On voit des fleuves s'enfoncer brusquement sous la terre, pour reparoître dans d'autres lieux, comme de nouveaux fleuves; tels sont, dit-on, le Niger & le Tigre. On prétend que dans la partie occidentale de l'isle Saint-Domingue, il y a une montagne, au pied de laquelle sont plusieurs cavernes où les ruisseaux & les rivieres se précipitent avec un si grand bruit, qu'on l'entend quelquefois de sept à huit lieues. On sait que les eaux se divisent & se perdent dans les sables. M. Guettard,

dans un Mémoire inféré parmi ceux de l'Académie des Sciences, pour l'année 1758, parle de cinq rivieres de Normandie, c'eſt-à-dire, la Rille, l'Ithou, l'Aure, la riviere du Sap-André, & la Drome, qui ſe perdent, les trois premieres, peu à peu, pour reparoître enſuite; la quatrieme ſe perd peu à peu auſſi, & enfin totalement, mais elle reparoît après; la cinquieme, après avoir perdu un peu de ſes eaux dans ſon cours, finit par ſe précipiter dans un gouffre, d'où on ne la voit plus ſortir. Les trois premieres rivieres dont nous venons de parler, coulent ſur un terrein poreux, & composé d'un gros ſable: leurs eaux s'enfoncent dans des ouvertures, que les gens du pays appellent *Betoires*: ce ſont des trous formés en entonnoirs, dont le plus grand diametre eſt au moins de deux pieds, & va quelquefois juſqu'à quinze, & dont la profondeur varie depuis un juſqu'à vingt pieds. Ces betoires, particulierement ceux de la Rille, deviennent en hiver, du moins pour la plupart, des fontaines qui

rendent à la riviere les eaux qu'ils avoient absorbées pendant l'été. Ne peut on pas attribuer ce phénomene aux réservoirs ou étangs qui sont renfermés dans les montagnes, lesquels étant plus bas en été que la riviere, en reçoivent l'eau, & étant plus haut en hiver par les eaux de pluie qu'ils ont reçues, la lui rendent à leur tour? La riviere d'Ierre ou Hyere se perd aussi sous terre; & lorsqu'elle a reparu, elle ne gele jamais. *Le Loiret*, riviere de l'Orléanois, tire son origine de deux sources différentes; la grande source du Loiret, dit un Naturaliste, prend de si loin son essor de dessous la terre, que l'antre d'où elle s'éleve, est un abyme dont il n'a pas été possible, jusqu'à présent, de trouver le fond. En 1558, M. d'Entragues, Gouverneur d'Orléans, en fit sonder inutilement la profondeur avec 300 brasses de corde, attachées à un boulet de canon. Milord Bolingbroke a répété l'expérience en 1732, avec aussi peu de succès. La petite source du Loiret ne se peut pas mieux sonder. L'on peut déduire de ceci, que s'il n'y a pas un torrent rapide &

ſouterrein qui auroit la propriété d'entraîner obliquement la ſonde, il faut que ces ſources ſoient des abymes ou des réſervoirs immenſes.

44. M. Haller penſe que ces abymes ſont fort communs, & il dit en avoir vu où l'eau s'engouffroit par un tourbillon. Le Lac de Joux ſe perd par des fentes preſque imperceptibles d'un roc; & ce Savant prétend avoir remarqué que les rivieres n'augmentent pas à beaucoup près dans la proportion des nouveaux renforts qu'elles reçoivent de toutes parts, & qu'il y en a qui diminuent : c'eſt, continue-t-il, en partie l'effet de l'exhalation ; mais apparemment les eaux qui ſe perdent dans le fond du lit de la riviere y contribuent auſſi.

CHAPITRE IV.

Des Fluides élaſtiques, & principalement de l'Air.

45. PARMI les fluides élaſtiques, nous comprenons ceux qui ſont ſenſiblement compreſſibles, comme l'air,

par exemple. Si un vaſe contient un tel fluide, dont les parties ſoient comprimées par une force qui tire ſon origine de la cauſe de la gravité, le fond du vaſe ſera preſſé de la même maniere que ſi le fluide reſtant dans le même état, perdoit tout à coup ſon élaſticité ; & pour ſoutenir le fond de ce vaſe, l'on aura beſoin d'employer la même puiſſance, que ſi le fluide n'étoit pas élaſtique. Si nous ſuppoſons un vaſe d'une figure quelconque, rempli d'un fluide homogene & élaſtique, dont les parties inférieures ſoient comprimées par les ſupérieures, il eſt évident que les couches placées vers le fond du vaſe, étant plus preſſées que les autres, ſeront plus denſes, tandis que la premiere couche reſtera toujours de même denſité, n'étant preſſée que par ſon propre poids. Mais ſi la compreſſion du fluide vient non ſeulement du poids de ces parties, mais encore d'une autre cauſe quelconque; dans ce cas, pour déterminer la preſſion du fond, on doit avoir égard à cette ſeconde cauſe; enſorte que ſi l'on ſupoſe le vaſe cylindrique,

la pression sur le fond sera égale au poids du fluide contenu, & à l'autre force ajoutée, ce qu'il est bon de remarquer.

46. *L'air* est un fluide répandu autour de notre globe jusqu'à une certaine hauteur, dans lequel nagent différentes vapeurs & exhalaisons qui s'élevent continuellement de la terre, chargée de minéraux, de la surface de la mer, des fleuves & des marais, des animaux putréfiés, des vegétaux corrompus, brûlés ou fermentés, des corps des animaux & des hommes, soit sains, soit malades. Mais nous ne considérons ici l'air, que comme un fluide élastique & pesant; il se rend sensible par ses effets, car il soutient les nuages, & transporte les orages d'un lieu dans un autre: cependant les meilleurs yeux, armés de microscopes, ne peuvent appercevoir ses particules élémentaires.

47. Les anciens Philosophes ayant condensé l'air dans un globe creux, trouverent qu'il pesoit plus qu'auparavant. Mais cette expérience a été faite avec beaucoup plus de soin de-

puis l'invention de la machine *pneumatique*, que nous devons à Othon de Guerik, Conſul de Magdebourg; elle a été enſuite perfectionnée par *Boyle*, (qui lui a donné ſon nom,) Graveſande, & pluſieurs autres. Quoique l'artifice de cette machine ſoit plus facile à ſaiſir par les yeux que par une deſcription, cependant ſa grande utilité ne nous permet pas de la paſſer entiérement ſous ſilence.

Voici donc en peu de mots les parties qui compoſent une machine *pneumatique* ordinaire. On y doit conſidérer, premierement, un corps de pompe de cuivre *a a* (*fig.* 84); ſecondement, un piſton, dont le manche eſt terminé en forme d'étrier, *d*, pour être abaiſſé avec le pied, & garni d'une branche montante avec une poignée *e*; troiſiemement, un robinet dont on voit la clef en *f*; quatriémement, un petit tube *g*, qui s'ouvre à la ſurface de la platine de cuivre ou de bois *hh*, couverte d'un cuir mouillé, percé vers ſon milieu, pour laiſſer libre l'entrée de l'air contenu dans la cloche de verre *K*, de laquelle on veut tirer l'air. On peut

aussi supposer cette cloche percée vers *p*, pour y mastiquer un tube rempli de cuirs gras, à travers lesquels passe une tringle de fer bien polie, par le moyen de laquelle il est possible de déboucher un ballon ou une bouteille, sans introduire de l'air dans la cloche; parce que les cuirs gras dont nous venons de parler s'opposent à son entrée. Le piston doit être fait de maniere que l'air ne puisse pas s'introduire entre lui & le corps de pompe : il y a au fond du corps de pompe une valvule, qui permet à l'air de sortir, mais non pas de rentrer. La clef du robinet est percée, de façon qu'en lui faisant faire un quart de tour, on ouvre une communication par laquelle le piston en se relevant, pousse l'air du dedans au dehors de la pompe, & l'on ferme en même temps tout accès du côté du *récipient*. Remettant ensuite la clef dans la premiere situation, on est en état de donner un nouveau coup de piston. Voici donc comment on pompe l'air d'une cloche *K* : d'abord on baisse le piston. Alors il se fait un vuide dans la pompe *a a*, qui détermine l'air de la

la cloche *K* à s'y précipiter; de maniere que si le corps de pompe est égal en capacité, à la cloche, la moitié de l'air de la cloche, (qu'on appelle *récipient*), entrera par sa force expansive dans le corps de pompe. Relevant ensuite le piston, & tournant la clef *f*, on fera sortir l'air du corps de pompe, sans qu'il s'en introduise de nouveau dans le *récipient*. Remettant la clef dans sa situation, & donnant un nouveau coup de piston, la moitié de l'air restant dans le *récipient*, passera dans le corps de pompe, par le petit orifice *m* & le canal *g*. Relevant ensuite le piston comme ci-devant, après avoir tourné convenablement la clef *f*, on fera sortir l'air du corps de pompe. Remettant la clef *f* dans la premiere situation, & continuant de même, on diminuera de plus en plus la quantité d'air du *récipient*; mais on ne pourra cependant pas l'épuiser entierement, parce que chaque coup de piston laisse dans le *récipient* une partie de l'air qu'il contenoit avant le coup de piston; cependant si chaque coup de piston fait sortir la moi-

tié de celui qu'il y avoit auparavant; après le premier coup de piston, il n'en restera que la moitié; après le second, il n'en restera que le quart; après le troisieme, il n'en restera que le huitieme; après le quatrieme, il n'en restera que le seizieme; &c. de maniere que dix coups de piston peuvent rendre l'air plus de mille fois plus rare qu'il ne l'est dans l'état naturel.

48. On peut aussi appliquer une roue dentée au piston, pour le faire mouvoir de haut en bas, & de bas en haut. On peut même employer deux corps de pompe & deux pistons, dont l'un monteroit tandis que l'autre descendroit. Lorsqu'on a tiré une certaine quantité d'air, ce qui s'appelle faire le vuide de *Boyle*, le *récipient* adhere fortement à la platine, contre laquelle il est pressé par l'action de l'air extérieur, qui n'est plus en équilibre avec l'air intérieur, dont la force a été affoiblie par la raréfaction. C'est par la même raison que des hémispheres concaves adherent fortement ensemble, lorsqu'on a pompé l'air intérieur; parce qu'ils sont alors pressés l'un contre l'autre

par l'action de l'air extérieur, qui n'est pas contre-balancé par celle de l'air intérieur. Celui qui douteroit de la gravité de l'air, pourroit s'en convaincre bien facilement, en appliquant le doigt à l'orifice *m* de la platine; car en abaissant le piston, (ce qui raréfieroit l'air du petit canal *g*, & le feroit entrer en partie dans le corps de pompe,) la pression de l'air lui feroit éprouver une douleur très-aigue. Si la figure du *récipient* est convexe & en forme de voûte, les parties supérieures étant soutenues par les inférieures, résisteront à la pression de l'air; mais si le *récipient* a une figure plane, supérieurement ou par côté, & qu'on fasse le vuide, il se brisera par l'action & le poids de l'air externe. Une vessie demi-pleine d'air, renfermée dans le *récipient* de la machine *pneumatique*, s'enfle à proportion qu'on pompe l'air, parce que celui qui est renfermé dans la vessie, peut alors se dilater, l'air exterieur n'ayant plus assez de force pour contenir son ressort. C'est par la même raison qu'une pomme ridée perd ses rides sous le

récipient de la *machine pneumatique*; car l'air interne, en se dilatant, gonfle la pomme. C'est encore la dilatation de l'air qui fait sortir toute la substance d'un œuf qu'on a percé d'un côté, & qu'on a placé sous le *récipient* de la machine de Boyle. Le vin, l'eau & d'autres liqueurs, semblent bouillir sous le *récipient* de la même machine, quand on a pompé l'air; ce qui vient de ce que les parties de l'air se dégagent d'entre les molécules de la liqueur, se réunissent plusieurs ensemble, montent en forme de bulles, & soulevent la liqueur. C'est encore la dilatation de l'air interne qui fait enfler les animaux placés dans le *récipient* de la machine de Boyle, dont on a pompé l'air, parce qu'alors l'air intérieur n'étant plus gêné par l'action de l'extérieur, se dilate, comprime les vaisseaux sanguins, arrête la circulation du sang, ce qui fait mourir l'animal, sur-tout si l'air qui reste dans le *récipient* n'est pas suffisant pour dilater les vésicules du poumon.

49. Les Physiciens ne s'accordent

pas entr'eux sur la gravité spécifique de l'air; en pompant l'air d'un ballon, Hauxbée a trouvé que sa pesanteur spécifique est à celle de l'eau, comme 1 à 885. Boyle prétend, dans un endroit, que sa pesanteur est 938 fois plus petite que celle de l'eau; ailleurs il la fait seulement 800 fois plus petite; l'Abbé Nollet pense que sa pesanteur est à celle de l'eau, comme 1 à 900 environ; M. Homberg, comme 1 à 1087; Halley comme 1 à 860, & Mussenbroek, comme 1 à 681; enfin Wolf, (Elem. Areom. p. 741), dit qu'un pied cube d'air pese 1 once 27 grains.

50. C'est à la pression de l'air que les Physiciens modernes attribuent avec raison la suspension de l'eau dans les tubes, élevation que les anciens attribuoient à l'horreur qu'ils prétendoient que la nature à du vuide. Toricelli ayant pris un tube de verre, long d'environ 3 pieds, fermé hermétiquement d'un côté, le remplit de mercure, & ayant fermé ensuite l'extrêmité *A* (*fig.* 85) avec le doigt, il la plongea dans du vif-argent contenu dans un vase *B*; ayant ensuite ôté

le doigt, il s'apperçut que le mercure resta suspendu en *m*, à la hauteur d'environ 28 pouces; phénomene qu'il attribua avec raison à l'action de l'air extérieur qui presse la surface du mercure contenu dans le vase, avec la même force que la colonne de mercure *m A*. Quand on monte sur une montagne, on s'apperçoit que la hauteur de la colonne de mercure, contenue dans le tube de Toricelli, (tube auquel on a dans la suite donné le nom de *barometre*), diminue d'autant plus qu'on s'éleve davantage; ce que l'on doit attribuer à la diminution de la colonne d'air, qui presse le mercure stagnant; car la longueur de cette colonne, qui s'étend depuis la terre jusqu'à la surface de l'athmosphere, est d'autant plus petite, qu'on s'éloigne davantage du centre de notre globe. Ajoutez à cela que sur le sommet des montagnes l'air étant plus rare, est aussi moins pesant. Comme l'eau pese 14 fois moins que le mercure, la pression de l'air, qui peut soutenir une colonne de mercure de 28 pouces, pourra élever l'eau à la hauteur de

32 pieds environ, ainsi que l'expérience l'apprend. Mais si l'on renferme un barometre dans le *récipient* de la machine *pneumatique*, la hauteur de la colonne de mercure diminuera à proportion que le *récipient* se vuidera d'air; & si l'on laisse rentrer ce fluide, le mercure remontera dans le barometre, à la même hauteur qu'il avoit auparavant.

51. On doit donc conclure qu'une colonne d'air qui s'étend depuis la terre jusqu'au sommet de l'athmosphere, & qui auroit pour base une surface d'un pouce quarré, par exemple, pese autant qu'une colonne de mercure de même base, & d'environ 28 pouces de hauteur, ou qu'une colonne d'eau de même base, & de 32 pieds de hauteur. C'est pourquoi tout l'air qui environne le globe terrestre, le presse autant qu'une colonne d'eau qui auroit pour base une surface égale à celle de la terre, & 32 pieds de hauteur. La pression de l'air est la même dans une chambre fermée qu'en plein champ; parce que ce fluide élastique réagit avec toute la force avec laquelle il a été compri-

mé, c'eſt-à-dire, avec la même force qu'il auroit s'il communiquoit avec l'air extérieur, & qu'il fût comprimé par une colonne qui s'étendroit depuis la terre juſqu'au haut de l'athmoſphere. Bien plus, le calcul apprend que le poids de l'air, qui comprime notre corps, eſt d'environ 33600 livres; poids qui nous écraſeroit, ſi l'air répandu dans toutes les parties de notre corps, ne réſiſtoit par ſon élaſticité à l'action de l'air externe.

52. Tout le monde connoît l'uſage de la *ventouſe*, qui n'eſt autre choſe qu'un vaſe de verre, dans lequel on allume des étoupes, ce qui raréfie l'air, & le chaſſe en partie de la ventouſe, qu'on applique tout de ſuite ſur une partie déterminée du corps; après avoir toutefois jetté les cendres qu'a produit l'inflammation des étoupes. L'air extérieur preſſant toutes les autres parties du corps avec plus de force que l'air dilaté de la ventouſe, les humeurs coulent vers la partie que couvre la ventouſe, & la font enfler.

53. C'eſt la preſſion de l'air qui contient les canaux artériels des

plantes & des animaux, & qui les empêche de céder à l'impétuosité de la circulation. La même force retient les fluides dans les corps animés, & empêche la trop grande transpiration. En effet, les animaux qu'on expose à l'expérience du vuide, s'enflent, suent par-tout le corps, rejettent les excremens par la bouche & par l'anus : l'air intérieur se dilatant, & poussant en tout sens les matieres qui s'opposent à son expansion. Quand les voyageurs montent sur des montagnes élevées, l'air extérieur ayant moins de force, ne peut plus retenir les liqueurs de leurs corps, qui s'exalent par les pores, ce qui les rends foibles, & il arrive même quelquefois qu'ils éprouvent des hémorragies considérables.

54. Examinons maintenant, selon quelles loix l'air peut se comprimer. Dans un tube de verre *a b c* (*fig.* 86), dont la branche *a g*, soit d'environ 40 pouces, & dont la branche *b c*, soit par-tout de même diametre, & fermée hermétiquement, faites couler du mercure jus-

qu'à ce que la capacité *b n*, la plus baſſe ſe ſoit remplie, & ayant appliqué une échelle ſur la branche *c b*, obſervez le nombre des diviſions depuis la ligne horizontale *b n*, juſqu'en *c* : je ſuppoſe que ce ſoit 10 pouces. Verſez du mercure dans la branche *a g*, juſqu'à ce que l'excès de la hauteur du mercure au deſſus de la ligne horizontale *g f*, qui paſſe par la ſurface du mercure contenu dans *b c*, ſoit d'environ 28 pouces & demi : l'air qui occupoit toute la partie *b c*, n'en occupera plus que la moitié. Si l'on continuoit de verſer du mercure dans la branche *a g*, (qu'il faudroit ſuppoſer aſſez longue), juſqu'à ce que la hauteur dans cette branche au deſſus de la ligne *g f* fût double ou triple, ou quadruple, de 28 pouces, l'air reſtant, n'occuperoit que le tiers ou le quart de *b c*, & ainſi de ſuite.

55. Mais lorſqu'il n'y avoit de mercure que dans la capacité inférieure *b n*, l'air contenu dans *c b*, étoit chargé du poids de toute l'athmoſphere, poids équivalant à une

colonne de mercure d'environ 28 pouces de hauteur; donc puisqu'en ajoutant une colonne de mercure de même hauteur, on a chargé cet air d'un poids double, & que son volume est devenu deux fois plus petit, les volumes auxquels on peut réduire l'air, sont sensiblement en raison des poids comprimans: cependant cela n'a pas lieu lorsque ces poids sont trop considérables: mais nous reviendrons sur cette matiere dans une autre occasion.

56. Ce seroit ici le lieu de traiter ce qui regarde la raréfaction & la condensation de l'air, produite par les vapeurs, les vents, la chaleur, & ce qui regarde les variations du barometre; mais nous parlerons de toutes ces choses lorsque nous examinerons la nature de l'air, que nous considérons seulement ici comme un fluide pesant & élastique. C'est la pression de ce fluide qui fait monter l'eau dans une seringue. En effet, lorsqu'on plonge dans l'eau le bout inférieur de cette machine, si ensuite on retire le piston, l'eau qui répond à l'orifice n'étant point pressée, tan-

dis que les colonnes voiſines éprouvent l'action de l'air qui les comprime, doit monter dans le corps de la ſeringue, juſqu'à la hauteur d'environ 32 pieds, ſi la ſeringue eſt aſſez longue : c'eſt la même preſſion de l'air qui fait monter l'eau dans une pompe aſpirante.

La *pompe aſpirante* (*fig.* 87) eſt une machine compoſée de deux tubes verticaux *q c b d*, *a k b c*, unis enſemble en *c b*; le dernier, qui trempe dans l'eau *m n*, s'appelle *tuyau d'aſpiration*; le premier, eſt le *corps de pompe*. On place à l'endroit de la jonction une ſoupape, qui s'ouvre de bas en haut; cependant quelquefois on la place plus bas. Le corps de pompe renferme un piſton, dont la tige *z* peut être miſe en mouvement, & faire monter ou deſcendre le piſton, par le moyen d'un levier ou d'une autre maniere quelconque. La tête de ce piſton eſt percée dans la direction de ſon axe, d'un trou *x*, recouvert pardeſſus d'une ſoupape *f*, qui s'ouvre de bas en haut. Je ſuppoſe que le jeu du piſton ſoit repréſenté par l'eſpace *h f*, c'eſt-à-dire, que quand

le piſton eſt baiſſé, ſa baſe inférieure ſoit dans le plan horizontal *h i*, & que quand il eſt élevé, la même baſe ſoit dans le plan horizontal *ſ t*. Concevons qu'on éleve la baſe inférieure du piſton de *i h* en *t s*, la ſoupape demeurera fermée par ſon poids & par la preſſion de l'air ſupérieur ; mais l'air contenu dans l'eſpace *a c i h b k*, ſe dilatant par ſon reſſort, ſoulevera la ſoupape *f*, & ſe répandra en partie dans l'eſpace *c b ſ t*, tandis que la preſſion de l'athmoſphere ſur la ſurface *m n* du réſervoir, pouſſe l'eau, & la fait monter de la quantité *a A* dans le tuyau d'aſpiration où elle trouve un air plus raréfié & moins réſiſtant que l'air extérieur. Si l'on abaiſſe maintenant le piſton, la ſoupape s'ouvrira par l'action de l'air renfermé dans la pompe, entre la baſe du piſton, & la ſurface *A K* de l'eau ; de maniere que l'air contenu dans l'eſpace *i c b h*, acquerra la même denſité que l'air extérieur. Mais ſi l'on éleve de nouveau le piſton, la ſoupape *f* ſe ferme, l'air déjà dilaté & renfermé dans l'eſpace *A b c K*, ſe raré-

ſie, & ouvre par ſon reſſort la ſoupape *e* pour ſe répandre en partie dans l'eſpace *c i h b*. Donc l'eau plus preſſée par l'action de l'air extérieur, que par celui qui reſte dans la pompe, doit monter encore d'une certaine quantité *A M*. En continuant ainſi à faire jouer le piſton, l'eau continuera de monter, parviendra en *i h*, paſſera par le trou *x*, & s'élevera au deſſus du piſton, qui en montant la portera vers *q d*, pour la faire ſortir par le dégorgeoir *d o*; & il faudra d'autant moins de coups de piſton pour cela, que ce dégorgeoir ſera moins éloigné du point *h*.

C'eſt ainſi que dans une pompe aſpirante, le piſton peut ſouler & refouler l'eau, & l'élever à une certaine hauteur; cependant la diſtance de la baſe inférieure du piſton parvenu en *i h*, c'eſt-à-dire, lorſqu'il eſt le plus abaiſſé qu'il eſt poſſible, par rapport à la ſurface *m n* du réſervoir, ne peut être tout au plus que de 32 pieds, dans le lieu où la hauteur du barometre eſt de près de 28 pouces; & dans les lieux où le barometre ſe tient plus bas, elle doit être moindre. Bien

plus, dans la pratique, cette distance de *i h* à *m n* est plus petite que 32 pieds, parce qu'il n'est pas possible d'évacuer parfaitement l'air, & que le poids de la soupape inférieure *e* est un obstacle qui s'oppose à l'expulsion de l'air intérieur, & qui ne peut être surmonté que par la pression de l'air extérieur.

57. On place quelquefois la soupape *e* vers *a k*, un peu au dessous de la surface *m n* du réservoir; mais cette disposition ne paroît pas la plus avantageuse, parce que le piston étant supposé parvenu à sa plus grande hauteur *t s*, & l'eau en *u p*, il peut se faire que la force élastique de l'air contenu entre cette eau & le piston, jointe au poids de la colonne d'eau élevée, contre-balance la pression de l'athmosphere; & cela arrive toutes les fois que le diametre du tuyau d'aspiration & du corps de pompe étant égaux, le quarré de la moitié de la plus grande hauteur de la base du piston au dessus du niveau de l'eau du réservoir sera plus grande que 32 fois le jeu du piston, dans le lieu

où la hauteur du barometre est à peu près de 28 pouces. C'est pourquoi si le jeu *t i* du piston est suposé de 2 pieds, (ce qui seroit beaucoup), la distance de *t s* à la surface *m n* de douze pieds, le quarré de la moitié 6 de cette distance, ou 36, sera plus petit que 64, ou 32 fois le jeu du piston, & la pompe aura son effet. Mais si la distance de *t s* à la surface de l'eau *m n*, est supposée de 20 pieds, le quarré 100 de la moitié 10 de cette distance, sera plus petit que 32 fois le jeu du piston, & la pompe ne produira pas son effet. Le même inconvénient a lieu en plaçant la soupape auprès de *c b*; mais alors on peut faire descendre la base inférieure du piston jusqu'auprès de la soupape. C'est pourquoi il ne restera que très-peu d'air entre le piston & la soupape; & dans ce cas la distance de *i h* à la surface *m n*, peut être de près de 32 pieds. Mais cela suppose que les soupapes sont excellentes, & qu'elles ne donnent aucune issue, ni à l'eau, ni à l'air; perfection qu'on ne rencontre jamais

dans la pratique. D'ailleurs si la machine demeure quelque temps dans l'inaction, le cuir se seche, & les soupapes se gâtent. Lorsque la soupape est placée au dessous de l'eau vers *a k*, elle n'est pas sujette à se sécher; cependant, tout considéré, il vaut mieux la placer vers *c b*; mais il faut toujours que la distance de *i h* à la surface *m n* de l'eau du réservoir, soit plus petite que 32 pieds. Si le diametre du tuyau d'aspiration est fort petit, par rapport à celui du corps de pompe; il pourra se faire que l'effet sera moindre, l'agent consumant une partie de son mouvement en pure perte; car la vîtesse de l'agent doit être tellement réglée, que quand la machine joue bien, il monte autant d'eau par le tuyau d'aspiration, que le piston en souleve en montant dans le corps de pompe, afin qu'il n'y ait point de vuide entre la base du piston & l'eau qui la suit.

58. Qand la soupape *e* est placée vers *m n*, au dessous de l'eau, pour que la pompe produise infailliblement son effet, il suffira de tirer le piston, & de remplir la pompe d'eau

jusques en *t s*; parce qu'alors, en faisant descendre le piston en *i h*, il n'y aura aucun air entre la base du piston & la surface de l'eau qui puisse empêcher cette eau de monter.

59. Si nous supposons maintenant que l'eau qui remplit le tuyau d'aspiration & le corps de pompe, soit parvenue en *q d*, & que la hauteur *i q* soit de 25 pieds, l'agent, en faisant monter le piston de *i* en *t*, soulevera une colonne d'eau de 25 pieds de hauteur, & de même base que le piston. Mais il aura encore une autre poids à surmonter, savoir, un poids égal à une colonne d'eau de même base, & dont la hauteur seroit égale à la distance qu'il y a entre la surface de l'eau *m n*; & la ligne *i h*. En effet, supposons que cette distance soit de 20 pieds, il est visible que cette colonne est poussée en haut par l'action de l'athmosphere qui presse la surface *m n*, avec une force capable de l'élever à la hauteur de 32 pieds; donc l'excès de la pression de l'athmosphere sur le poids de l'eau, est égal à une colonne d'eau de même base, & de douze pieds de hauteur; c'est par cet effort que le

piston est soulevé par l'action de l'air extérieur sur la surface de l'eau *m n*. Mais l'air qui agit vers *q d*, presse l'eau qu'il rencontre aussi-bien que le piston, avec une force égale à une colonne de même base que le piston, & de 32 pieds de hauteur. Donc le piston est poussé en bas par une force comme 32, & en haut par une force comme 12; ainsi les choses se passent comme si le piston étoit seulement poussé en bas par une colonne d'eau de même base que lui, & de 20 pieds de hauteur; ajoutant à cela le poids de la colonne *ih dq*, on trouvera que l'effort que doit faire l'agent, pour soutenir le piston, est égal au poids d'une colonne d'eau de même base que le piston, & dont la hauteur seroit égale à la distance verticale de *q d*, à la surface du réservoir *m n*; & cela arrivera, quelle que soit la figure & la dimension du corps de pompe & du tuyau d'aspiration, qui doivent être tous les deux d'une grosseur uniforme. Nous n'avons pas fait attention au poids du piston, que nous avons supposé de même pesanteur spécifique que

l'eau ; mais si cette pesanteur spécifique étoit plus grande, il faudroit tenir compte de cet excès de pesanteur. Pour mettre la machine en mouvement, il faut augmenter cette force d'une certaine quantité, & avoir égard au frottement. Un pièd cylindrique d'eau, (c'est-à-dire, un cylindre d'eau qui a 1 pied de hauteur, & 1 pied de diametre,) pese environ 55 livres, tandis qu'un pied cube d'eau en pese environ 70. Si nous supposons qu'une colonne d'eau de même base que le piston, & dont la hauteur seroit égale à la distance de la surface *m n* du réservoir, à la ligne *q d*, pese 36 livres ; la puissance qui soutient le piston dans l'état d'équilibre, sera obligé de faire un effort de 36 livres, lorsque l'eau sera parvenue en *q d*. Mais dans l'état de mouvement, on augmente ordinairement la force motrice, calculée pour l'état d'équilibre, du tiers de sa valeur ; ainsi, pour faire jouer la pompe, l'agent sera obligé de faire un effort de quarante-huit livres. Cependant cette détermination n'a rien de fixe, elle dépend de la vîtesse

qu'on veut donner à l'eau qu'on éleve, & de la nature du frottement.

60. La (*fig.* 88) représente une *pompe foulante*; le corps de pompe *a c b k*, trempe dans l'eau *m n*; le piston entre par en bas, & souleve l'eau; sa tige *z* est attachée solidement à la traverse *B C* du chassis mobile *A D C B*, qu'on fait descendre & monter alternativement, par le moyen d'un levier, ou par quelqu'autre moyen. Sa tête est percée d'un trou, auquel on a adapté une soupape *f*, qui s'ouvre de bas en haut.

En *u p*, un peu au dessous de la surface de l'eau, est placé un diaphragme percé d'un trou, recouvert par une soupape *e*, qui s'ouvre de bas en haut. Le corps de pompe est uni en *c b*, avec un tuyau montant *c b o q*, qui transporte l'eau à l'endroit où l'on veut l'élever.

61. Pour faire comprendre le jeu de cette pompe, supposons que le piston soit placé au point le plus bas qu'il est possible; alors l'eau du réservoir fera effort pour monter dans la pompe, pour soulever les soupa-

pes *f*, *e*. Quand la partie du corps de pompe comprise entre ces deux soupapes est remplie d'eau, elles se ferment par le poids qui leur reste dans le fluide. Qu'on éleve maintenant le piston, la soupape inférieure *f* demeurera fermée, la soupape *e* s'ouvrira, & l'eau contenue dans le corps de pompe, entre les deux soupapes, sera forcée de s'élever au dessus de *up*. Si l'on abaisse le piston, la soupape *e* se fermera & empêchera l'eau supérieure de descendre, tandis que la soupape *f* s'ouvrant, laissera monter l'eau jusqu'à ce qu'elle ait rempli la partie du corps de pompe comprise entre les deux soupapes. Elevant de nouveau le piston, la soupape *f* se fermera, la soupape *e* s'ouvrira, & l'eau continuera de monter dans la pompe; de maniere que par le jeu réitéré du piston, on pourra élever l'eau à telle hauteur que l'on voudra, pourvu que l'on ait une force motrice suffisante. L'agent soutient, en montant, outre le poids du piston & celui du chassis *A B C D*, le poids d'une colonne d'eau, qui auroit pour base la base même du pis-

ton, & pour hauteur la diſtance verticale du point où l'eau eſt élevée, à un plan horizontal dans lequel ſe trouve la ſurface de l'eau du réſervoir. On doit ajouter la réſiſtance du frottement, qui eſt très-conſidérable (1).

62. La pompe *aſpirante & foulante* (*fig.* 89), eſt composée d'un tube d'aſpiration *a k b c*, qui plonge dans l'eau *m n*, d'un corps de pompe *ſ t c b*, & d'un tube montant *l h q o*. On voit en *e* & *f* deux ſoupapes qui s'ouvrent, la premiere, de bas en haut, & la ſeconde de la gauche à la droite. Le piſton, qui eſt maſſif & ſans orifice, ſe meut dans le corps de pompe, ſans deſcendre jamais au deſſous de *h y*, afin qu'il ne puiſſe pas boucher l'entrée *l h* du tuyau. En faiſant monter & deſcendre alternativement le piſton, l'eau monte dans le tuyau d'aſpiration, & enſuite dans le corps de pompe de

(1) Quand il s'agit d'eſtimer l'effet des pompes, il faut avoir égard à l'étranglement de la *colonne d'eau*, occaſioné par les ſoupapes, qui diminue le produit dans le rapport du quarré de la vîteſſe du piſton : voyez les Mémoires de l'Académie année 1768.

la même maniere que dans la pompe aſpirante ordinaire ; & les mouvemens alternatifs des ſoupapes *e*, *f* ſont les mêmes. L'eau étant arrivée après quelques coups de piſton, au deſſus de *y h*, le piſton, en deſcendant, la foule, & la fait paſſer dans le tuyau montant *o q h l*. En élevant de nouveau le piſton, il aſpirera de nouvelle eau, qu'il foulera en deſcendant, & qu'il fera monter dans le corps de pompe, & ainſi de ſuite. Il n'eſt pas difficile de calculer l'effort que doit faire la puiſſance, ſoit en aſpirant, ſoit en foulant.

63. On peut auſſi conſtruire la pompe aſpirante & foulante, de maniere que le piſton, au lieu d'aſpirer en montant, & de fouler en deſcendant, foule en montant, & aſpire en deſcendant, comme dans la (*fig.* 90).

64. Dans les trois pompes dont nous venons de parler, le jet d'eau formé au dégorgeoir, eſt intermittent; c'eſt pourquoi, depuis pluſieurs années, on eſt dans l'uſage d'ajouter au tuyau montant une eſpece de tambour creux *M N* (*fig.* 91) qui communique

communique avec le tuyau interrompu en *g h*. Quand on éleve le piston, l'eau qui monte par le tuyau *c b d q*, se répand en partie dans le tambour *M N*, & réduit l'air qu'il contient, à n'occuper que l'éspace *m n x y*. Quand on abaisse le piston, l'air condensé se dilate par son ressort, fait descendre l'eau de *m n*, en *M N*, & l'oblige à s'élever dans la branche *g h q d*. En continuant le même jeu, il montera sans cesse de l'eau dans cette branche, & le jet sera continu, du moins sensiblement; au lieu qu'il seroit interrompu pendant que le piston descend pour élever de nouvelle eau. Cependant, soit qu'on ajoute *un réservoir d'air M N*, ou qu'on n'en ajoute point, la quantité d'eau sera toujours la même; parce que la puissance motrice ne variant pas, le piston ne peut jamais soulever que la même quantité d'eau. Mais quelle que soit la construction des pompes, que le piston soit mis en mouvement par un courant d'eau, par des chevaux, ou par des hommes, comme sont les pompes à puits ou à incendie; (c'est dans ces dernieres pompes seulement que le réservoir d'air paroit avanta-

geux, parce qu'un jet d'eau continu éteint plus aisément le feu qu'un jet d'eau qui va par bonds, quoiqu'il fournisse la même quantité d'eau en temps égaux), les principes que nous venons de développer, suffiront toujours pour rendre raison des effets qu'elles peuvent produire. Au reste, ceux qui voudront connoître plus particulierement la maniere de construire les pompes, peuvent consulter Belidor, & la Physique de Desaguilliers, qui a très-bien traité cette matiere (1).

(1) On peut se servir avec avantage de la pompe à feu pour mettre une pompe en jeu, & élever l'eau, par ce moyen, à la hauteur de plus de 150 toises. Supposons que *a d*, (*fig.* 91. *B*), représente un piston solide & fait de cuivre ou d'un autre métal, d'environ 2 pieds de diametre, qui monte & descend dans une pompe de cuivre *P B Q T*, dont la cavité communique avec une chaudiere d'airain très-forte, fermée de toute part, par le moyen d'une petite ouverture cylindrique, traversée horizontalement par un robinet *f t* de cuivre, percé de maniere qu'en le faisant tourner sur lui-même, on puisse ôter, à volonté, la communication entre la pompe & la chaudiere placée sur le feu. Soit *V X* une pompe aspirante, dont le piston *m* placé à 150 toises de profondeur, élevera

65. L'eau ne montera ni dans une pompe ni dans une seringue, quand on

---

l'eau z n en x, & ensuite jusqu'au dégorgeoir *H*. Supposons que la chaudiere soit remplie d'eau jusqu'à la hauteur *u* : la communication avec le corps de pompe étant fermée, une certaine portion d'eau se convertira en vapeur par l'action du feu allumé sous la chaudiere, & cette vapeur pénétrera dans le corps de la pompe, aussi-tôt qu'en tournant le robinet *f*, on ouvrira la communication dont on vient de parler. La force élastique de cette vapeur qui occupe un espace 14000 fois plus grand que l'eau qui l'a engendrée, soulevera le piston solide de la pompe avec une très-grande force jusques en *P T*, où il trouvera un obstacle qu'il ne pourra surmonter ; mas le piston ne peut s'élever ainsi, sans faire lever en même temps l'extrêmité *N* du levier *N M*, auquel il est attaché par le moyen d'une tringle de fer, & sans faire abaisser le piston *m* de la pompe *V X*, qui sera sollicité à descendre, tant par son propre poids que par l'action d'une tringle de fer à laquelle nous le supposons attaché. Si l'on ferme subitement le canal *b t* de communication, & qu'on fasse entrer dans la pompe une petite quantité d'eau froide, par le moyen d'un tube *p s*, qu'on ouvre ou qu'on ferme à volonté à l'aide d'un robinet, cette liqueur condensera aussi-tôt la vapeur du corps de pompe : le piston *a d*, poussé par son propre poids & par l'action de l'air extérieur, redescendra pour occuper l'espace

levera le piston, s'il y a quelqu'ouverture considérable qui permette à l'air extérieur de remplir l'espace abandonné par le piston ; parce qu'alors l'air intérieur restant aussi dense que l'air extérieur, celui-ci ne peut plus éle-

---

vuide qui est au dessous, fera descendre l'extrêmité *N* du levier *N M*, & élevera le piston *m* de la pompe *V X*. Si l'on ouvre de nouveau la communication *b t*, la vapeur entrera dans la pompe comme ci-devant, élevera le piston *a d*, le piston *m* descendra vers *X*, & ainsi de suite : en continuant le même jeu, on élevera l'eau *z n* jusqu'au dégorgeoir *H* par où elle s'écoulera.

Le tube *i h* est destiné à faire sortir de temps en temps du fond de la pompe, l'eau qui s'y amasse par les vapeurs qui se réduisent en eau & celle qui vient du tuyau *p f*; mais le canal horizontal *u q* sert à mettre de l'eau dans la chaudiere : on l'a placé vers le milieu, parce qu'elle ne doit pas être trop remplie ; & l'on cesse d'en verser, lorsque la liqueur regorge. L'eau de la chaudiere peut remplir de sa vapeur 200 fois la capacité de la pompe, sans diminuer presque sensiblement.

On a éprouvé en Angleterre que la vapeur de l'eau pouvoit faire éclater des canons & des mortiers de fer, qui avoient résisté à une très-forte action de la poudre à canon ; c'est pourquoi la chaudiere doit être très-solide ; & la force de la vapeur devient plus considérable, lorsqu'on augmente davantage la chaleur.

ver l'eau, ſoit dans la ſeringue, ſoit dans la pompe. Quand un cheval veut boire, il dilate l'air contenu dans ſa bouche, qui ayant alors moins de reſſort que l'air extérieur, permet à l'eau de monter dans ſon œſophage. Par la même raiſon, lorſque par le moyen d'un chalumeau, ou même ſans cet inſtrument, nous ſuçons l'air contenu dans notre bouche, qui ſe répand dans la poitrine dilatée, la liqueur monte dans le chalumeau & dans notre bouche.

66. C'eſt par la preſſion de l'air que l'eau monte dans un ſiphon *a b c*

Le robinet *f t* peut être conſtruit de maniere qu'il ſe ferme de lui-même par l'action d'un reſſort, & qu'il s'ouvre lors de la chûte du piſton *a d* : on peut auſſi ſimplifier le jeu du canal *ſ p*. Trois ou quatre pompes à feu convenables, pourroient fournir aſſez d'eau à tout Paris; car le piſton peut monter & deſcendre 15 ou 16 fois par minute, & deux hommes ſuffiroient pour faire jouer convenablement chaque pompe : enſorte qu'une dépenſe d'un million eût ſuffi, ſelon Deſaguilliers, pour conſtruire une pompe à feu capable de fournir à Verſailles la même quantité d'eau que donne la fameuſe Machine de Marly, qui a coûté huit millions, & dont l'entretien eſt ſi diſpendieux.

(*fig.* 92), lorſqu'on ſuçe l'air de la plus longue branche *b c*, tandis que la plus courte plonge dans l'eau du vaſe *m p n*. En effet, l'air extérieur pouſſe alors l'eau du vaſe dans le ſiphon; cette eau étant parvenue à la partie ſupérieure *b* de cet inſtrument, doit deſcendre par la branche *b c*, & couler tant que la plus courte branche reſte plongée dans l'eau. Car, ſuppoſons que la plus courte branche, à compter depuis la ſurface de l'eau du vaſe eſt d'un pied, & que la plus longue eſt de deux pieds, l'eau montera en *b* par l'action de l'air extérieur, que je ſuppoſerai égale à 32 pieds. Cette eau fera donc un effort comme un, pour deſcendre vers *a*, tandis que l'eau contenue dans la branche *b c*, fera un effort comme deux, pour couler vers *c*; donc l'eau ſe portera vers *c*, avec une force comme 33, c'eſt-à-dire, avec une force comme 31, par l'action de l'air qui preſſe l'eau du vaſe, & avec une force comme deux, par l'action de l'eau contenue dans la branche *b c*. D'autre côté, l'air extérieur fait effort pour repouſſer l'eau de cette bran-

che, & arrêter ſon écoulement, & cet effort équivaut au poids d'une colonne de 32 pieds d'eau, & de même baſe que l'orifice du ſiphon ; ainſi cet effort n'eſt pas capable d'arrêter l'écoulement de l'eau. Il n'eſt pas difficile de comprendre, que ſi les deux branches du ſiphon étoient d'égale longueur, à compter depuis la ſurface de l'eau du vaſe, la force qui agiroit pour faire couler l'eau vers *c*, n'étant pas plus grande que celle qui agiroit pour la repouſſer, il n'y auroit aucun écoulement. Bien plus, ſi la branche *b c* étoit plus courte que l'autre, la force qui repouſſeroit l'eau de *c* en *b*, prévaudroit ſur celle qui la pouſſe de *a* en *b*, & l'eau redeſcendroit dans le vaſe.

Ce que nous venons de dire nous fait encore comprendre pourquoi, quand on fait un petit trou au côté d'un tonneau plein, la preſſion de l'air extérieur empêche l'écoulement ; car alors la liqueur eſt repouſſée par la preſſion de cet air ; mais ſi l'orifice eſt conſidérable, l'écoulement aura lieu, parce que la liqueur pourra

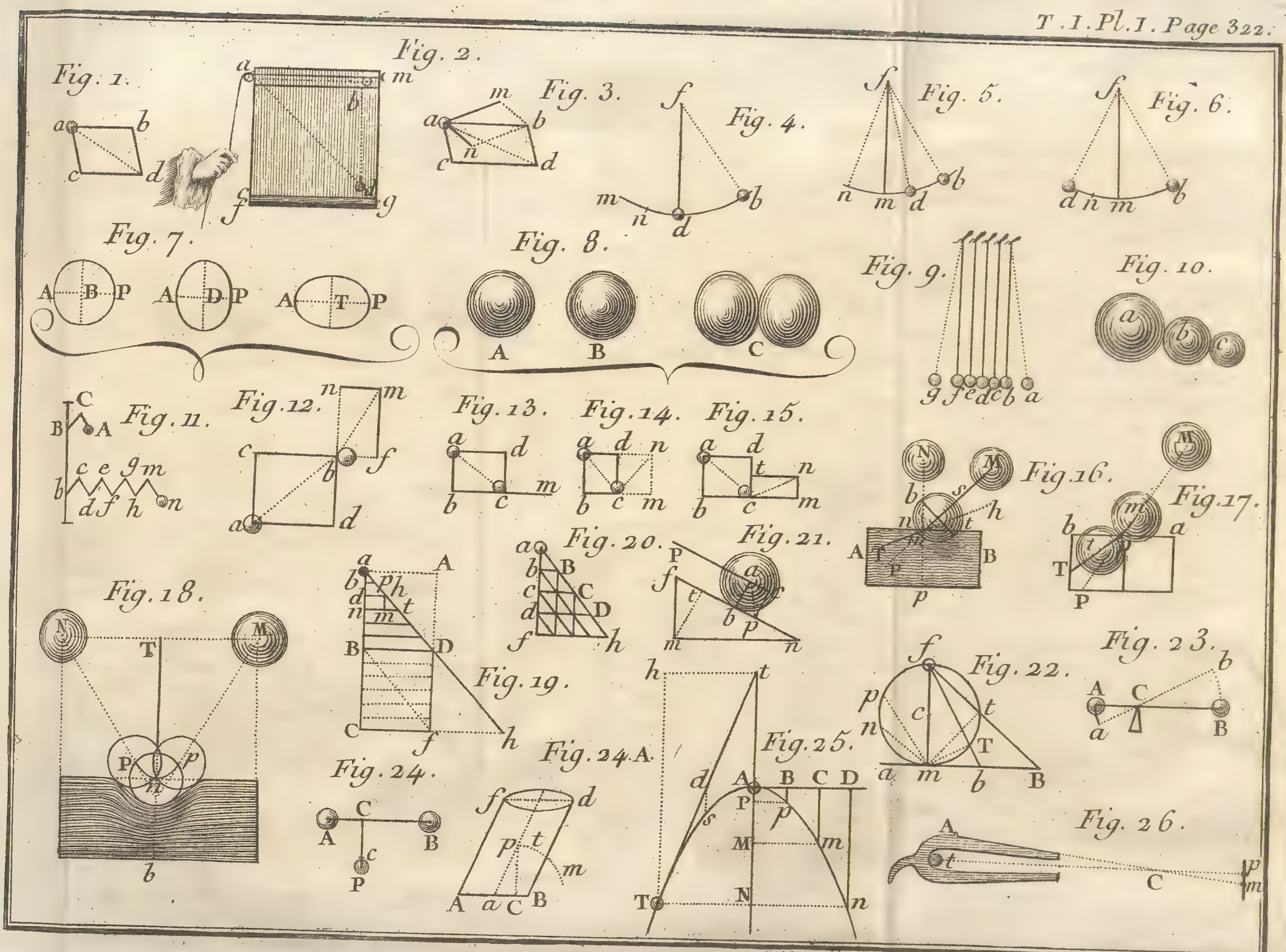
ſortir dans le même temps que l'air entrera dans le tonneau ; l'écoulement aura encore lieu ſi l'on pratique un petit orifice à la partie ſupérieure.

67. On peut ſe ſervir avec avantage d'une eſpece de ſeringue pour condenſer l'air dans des tubes ou dans des vaſes ; cette ſeringue (*fig.* 93), a un piſton avec une valvule *i*, qui permet à l'air de ſortir par l'extrêmité *a*, ſans lui permettre de rentrer, & un petit trou latéral en *m*, par lequel l'air extérieur peut pénétrer dans la ſeringue lorſque le piſton eſt au deſſus de ce trou. Maintenant ſi on adapte le petit tuyau *a* de la ſeringue, à un vaſe dans lequel on veut condenſer l'air, en pouſſant le piſton de *m* vers *i*, on introduira une certaine quantité d'air dans ce vaſe, dont l'orifice doit être exactement fermé par le petit tuyau *a* ; relevant enſuite le piſton juſqu'au deſſus de l'orifice *m*, l'air extérieur entrera dans le corps de la ſeringue, d'où il ſera chaſſé de nouveau par le moyen du piſton, dans la capacité du vaſe, & ainſi de ſuite ; enſorte que ſi l'on adapte à l'orifice de ce vaſe

une valvule qui ne puiſſe pas s'ouvrir du dedans au dehors, on conſervera ce vaſe rempli d'un air fort condenſé, fort élaſtique, & capable de faire une grande exploſion. C'eſt par un artifice ſemblable qu'on condenſe l'air dans ces inſtrumens qu'on appelle *fuſils à vent*, & qu'on peut charger de pluſieurs balles; de maniere qu'en faiſant jouer un reſſort, on peut établir une communication momentanée entre l'air condenſé & le canon du fuſil; cet air ſe dilatant dans ce canon avec une très-grande force, pouſſe une balle avec aſſez de violence pour tuer un animal.

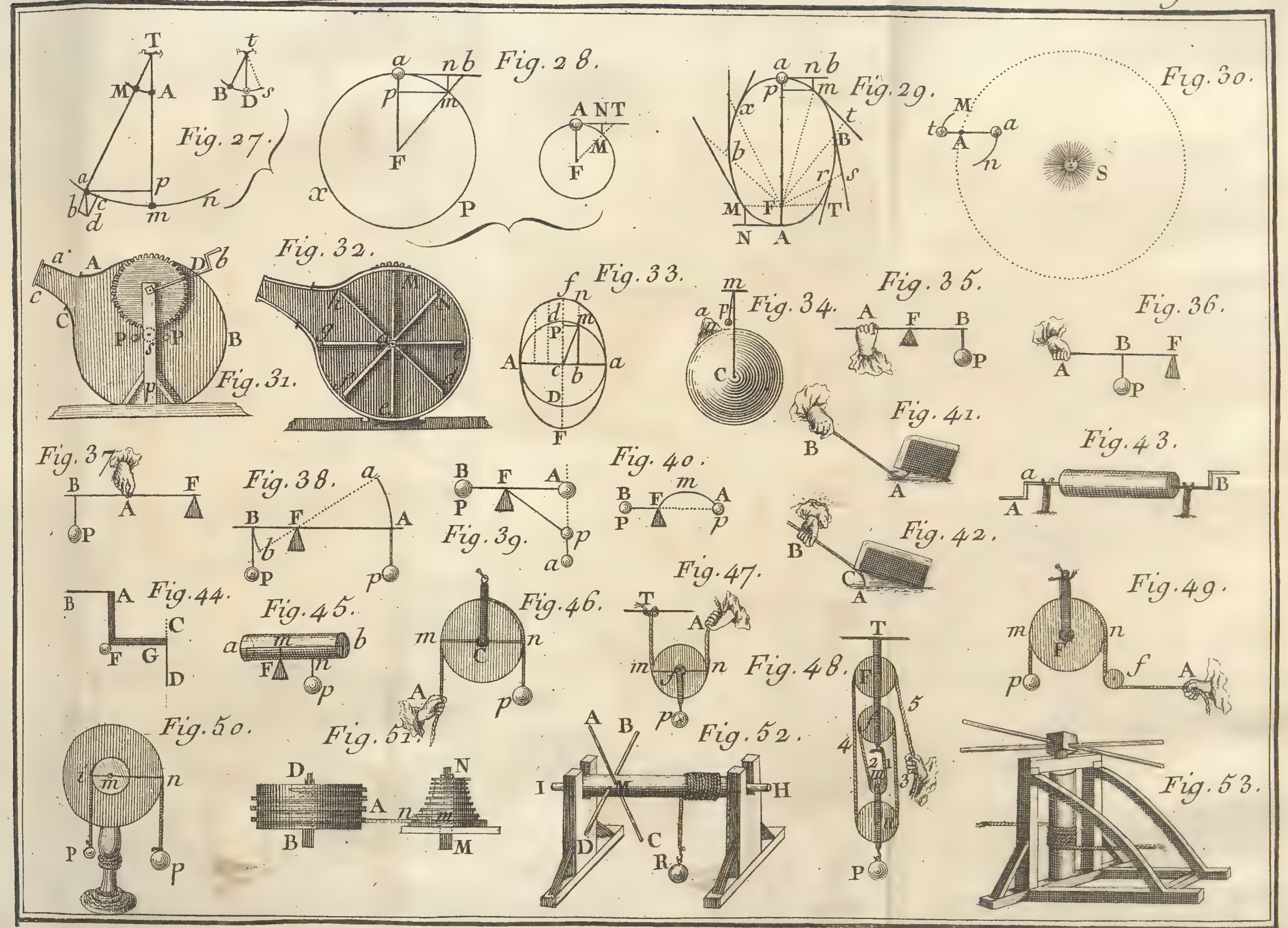
68. Il n'eſt pas plus difficile de rendre raiſon des effets *des fontaines jailliſſantes*. Ayant adapté un tube convenable à un vaſe, de maniere que le tube *i m* (*fig. 94*) deſcende juſqu'auprès de la baſe *a b* du vaſe; ſi par le moyen de la ſeringue dont nous avons parlé ci-deſſus, on pouſſe une grande quantité d'air dans ce vaſe rempli d'eau ou de quelqu'autre liqueur, juſqu'en *p t*, cet air étant plus léger que la liqueur, s'élevera au deſſus de *p t*, ſe condenſera dans la par-

tie ſupérieure du vaſe ; de maniere qu'en preſſant la liqueur par ſon reſſort, il la fera monter le long du tube *m i*, pour former un jet *i n*; ſi c'eſt de l'eſprit de vin auquel on met le feu en approchant une chandelle allumée vers *i*, on aura un jet enflammé. On pourra auſſi ſe procurer un jet ſemblable par le moyen d'une *éolipile* (*fig. 95*). L'*éolipile* eſt un vaſe de cuivre qui a à peu près la figure d'une poire, terminé par un petit tube courbé *A B*. Si on expoſe ce vaſe à l'ardeur du feu, la chaleur en fera ſortir l'air en grande quantité. Si pendant que l'éolipile eſt fort chaude, on plonge ſon bec dans de l'eau ou dans l'eſprit de vin, la liqueur montera dans ce vaſe qui ne contient qu'un air fort raréfié, dont le reſſort eſt plus foible que celui de l'air extérieur. Si enſuite on place le vaſe ſur des charbons enflammés, de maniere que le fond *L M N*, ſoit plus élevé que l'orifice du bec tourné vers le haut, la liqueur preſſée par le reſſort de la vapeur qui s'éleve de la ſurface pour occuper l'eſpace *M*, & par l'action de l'air *M*, di-



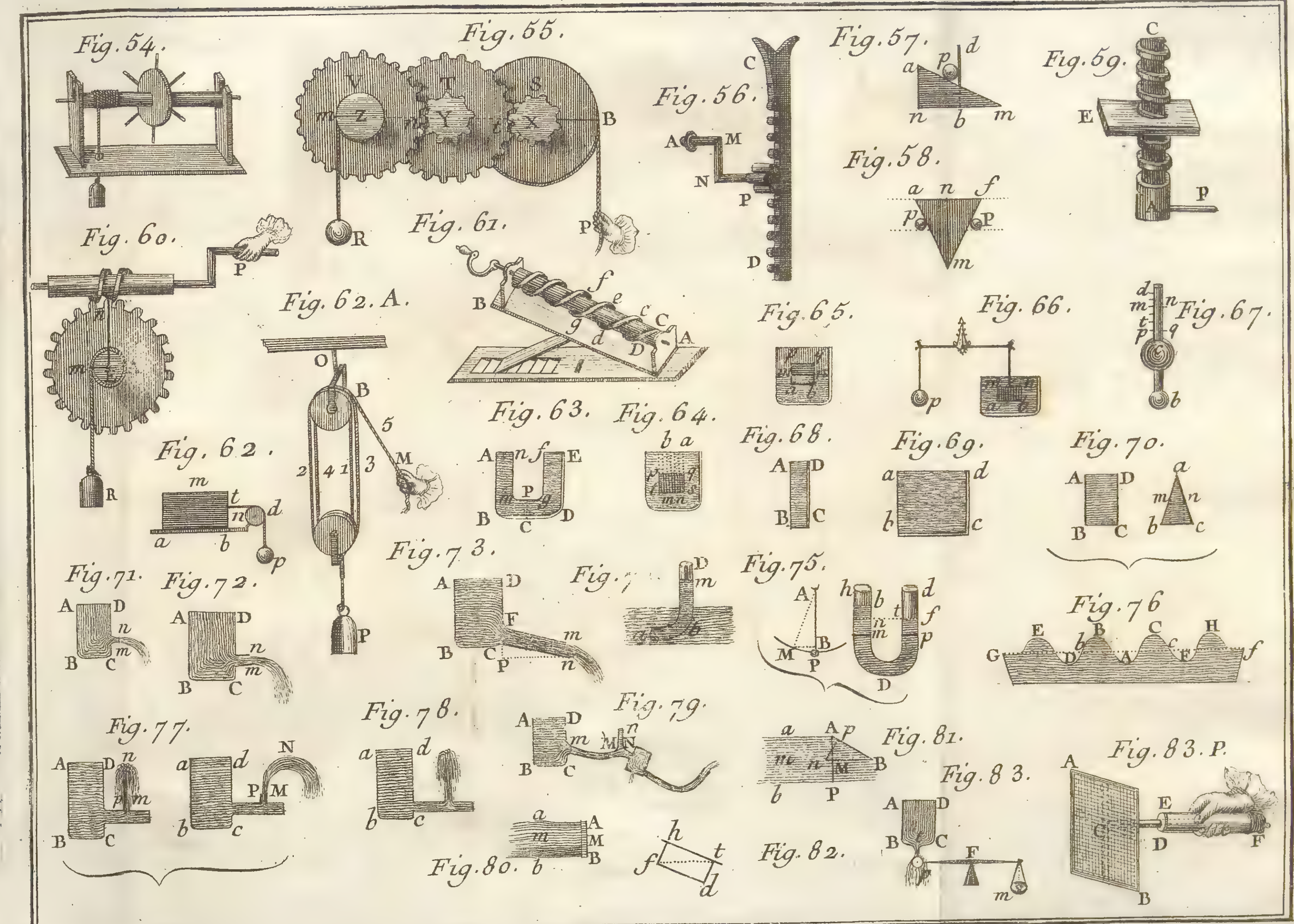
Picquet Sculp.





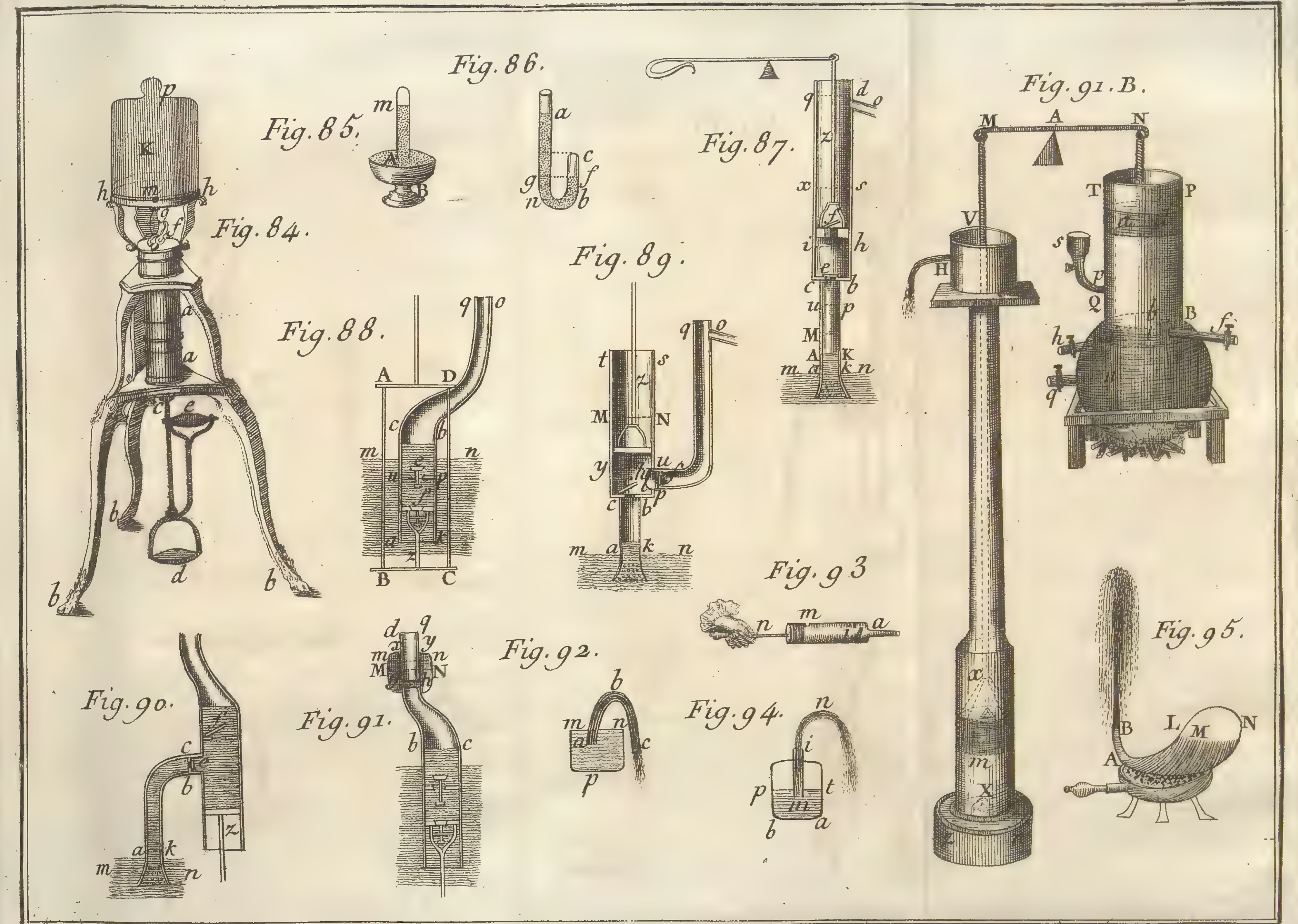
Picquet Sculp.





Picquet Sculp.




Fig. 84.
Fig. 85.
Fig. 86.
Fig. 87.
Fig. 88.
Fig. 89.
Fig. 90.
Fig. 91.
Fig. 91. B.
Fig. 92.
Fig. 93
Fig. 94.
Fig. 95.
Picquet Sculp.


SEVILLA

laté par la chaleur, jaillira à la hauteur de 20 ou 30 pieds, produisant un jet fort agréable qu'on pourra facilement enflammer, si c'est de l'esprit de vin.

SECTION III.

THÉORIE DES FORCES PHYSIQUES.

CHAPITRE PREMIER.

De la Loi de Continuité.

1. POUR bien comprendre la théorie que nous allons développer dans cette Section, il est nécessaire d'avoir quelque connoissance de la *loi de continuité*. *Cette loi*, (dans le sens que nous l'entendons ici), *consiste en ce que chaque quantité, qui d'une grandeur passe à une autre grandeur, doit passer par toutes les grandeurs intermédiaires*

de même genre. Les mouvemens des corps se font dans des lignes continuées & non interrompues. Les planetes & les cometes se meuvent dans des orbites continues ; les rétrogradations se font peu à peu, & non par sauts ; le jour vient peu à peu par l'aurore, & la nuit est précédée du crépuscule, qui est une lumiere qui diminue peu à peu en passant par tous les degrés intermédiaires entre ce que nous appellons jour, & ce qu'on nomme nuit. Le disque du soleil monte sur l'horizon, & descend au dessous non par un saut, mais par un mouvement continu ; de même les corps qu'on lance dans les airs, se meuvent dans des lignes continues. Tous les mouvemens qui dépendent de la cause de la gravité, de l'élasticité, de la force magnétique, observent la loi de continuité, comme les forces qui les produisent. Dans les distances un peu considérables, la gravité suit à peu près la raison renversée des quarrés de ces distances, c'est-à-dire qu'elle diminue d'autant plus que le quarré de la distance augmente, de maniere, par exemple, que si à la

diſtance de la lune, cette force eſt exprimée par 1, à une diſtance double, ou à la diſtance exprimée par 2, cette force qui pouſſe les corps vers la terre, ſera quatre fois plus petite, ou ſera un quart de ce qu'elle étoit à la premiere diſtance; & à une diſtance triple, elle ſera neuf fois plus petite; ainſi la gravité dépend des diſtances; & comme les diſtances ne peuvent changer par ſaut, elle doit changer en paſſant par tous les degrés intermédiaires. Nous voyons pareillement que la force de l'aimant dépend des diſtances par une loi continue qui n'eſt jamais interrompue; la force du reſſort dépend de l'inflexion comme dans les lames élaſtiques ou à reſſort; ou bien elle dépend de la diſtance, comme dans les parties de l'air comprimé dont le reſſort augmente ſelon une certaine loi continue, à proportion que les parties ſe rapprochent davantage; dans les mouvemens naturels les changemens de direction ſe font peu à peu, & il n'y a aucun angle rigoureux dans les corps; mais leurs pointes préſen-

tent une courbure qu'on apperçoit par le moyen du microscope. Cette courbure se trouve dans les angles des bords des rivieres, dans les feuilles des arbres, dans leurs branches, les pointes des crystaux que forment les sels, &c.

2. Il y a cependant des cas dans lesquels cette loi paroît n'être pas observée : cela arrive lorsque le commencement de la seconde grandeur est éloigné d'un certain intervalle du commencement de la premiere. Ainsi, en considérant le jour comme un intervalle entre le lever & le coucher du soleil, le jour précédent dans certain temps de l'année, differe du jour suivant de plusieurs secondes; & il paroît qu'il se fait un saut sans qu'il y ait un jour intermédiaire qui différe moins du jour précédent; mais les jours conçus ainsi, ne forment pas une série ou suite continue. Si l'on imagine un parellele de la terre, sur lequel soient situés, sans interruption, tous les lieux qui ont une même latitude géographique, tous ces lieux auront des jours dont les commence-

mens & les fins coulent continuellement jusqu'à ce qu'on revienne au même lieu dont le jour précédent est placé au premier terme de cette série, & le suivant au dernier terme de la même série (1). Les grandeurs de ces jours coulent continuellement sans aucun saut, & c'est nous, (en omettant les jours intermédiaires) & non pas la nature, qui faisons le saut.

3. Il y a des gens qui objectent le cas où un homme tenant une pierre dans sa main, lui communique tout à coup une vîtesse finie en un instant. Mais il est visible qu'il n'y a point ici de vîtesse finie produite dans un instant indivisible. Il faut un temps fini, (quoique fort court), pour que les esprits animaux acquierent une vîtesse finie, se répandent dans les nerfs, & les muscles, & tendent les fibres ; c'est pourquoi pour pouvoir donner une vîtesse finie à la pierre, nous retirons

---

(1) On comprendra cela plus aisément, lorsque nous aurons parlé du Mouvement de la terre, sur son axe & autour du soleil.

la main, & retenant la pierre pendant un certain temps, nous accélérons ſon mouvement. Lorſqu'on tire un canon, le mouvement ne ſe communique au boulet que ſucceſſivement; car la poudre ne s'enflamme, & l'air ne ſe dilate que ſucceſſivement; ainſi le fluide igné, (non plus que l'air), ne peut, par ſon élaſticité, agir ſur le boulet qu'en lui communiquant ſucceſſivement le mouvement, & ce mouvement fini doit paſſer par tous les degrés intermédiaires. On peut voir encore clairement cette ſucceſſion dans le mouvement qu'un reſſort communique à un globe qu'il pouſſe. Plus l'élaſticité eſt grande, plutôt, mais jamais dans un inſtant indiviſible, la vîteſſe eſt produite dans le globe. Lorſqu'on ôte le bouchon qui fermoit un orifice fait vers le fond d'un vaſe, quelqu'adreſſe que l'on ait, le mouvement du bouchon eſt ſucceſſif & non inſtantané, & l'eau acquiert auſſi ſa vîteſſe ſucceſſivement, quoique dans un petit intervalle de temps. En effet, la preſſion de l'eau a beſoin de temps pour produire ſon effet, &

ne peut produire une vîteſſe finie que dans un temps fini, ſi court qu'on veuille le ſuppoſer.

4. Ajoutons à ce qu'on vient de dire, que quand il s'agit d'une continuité, il doit y avoir une *limite* commune qui diviſe ce qui ſuit de ce qui précede: limite qui conſidérée comme limite, doit néceſſairement être indiviſible: c'eſt ainſi qu'un même point ſépare les parties d'une même ligne: c'eſt ainſi qu'un ſeul & même inſtant indiviſible ſépare le temps futur du temps paſſé, & il ne ſçauroit y avoir deux inſtans contigus; mais entre un inſtant & un autre inſtant différent, il doit y avoir un temps, une durée diviſible à l'infini. Dans une même ligne il ne peut y avoir deux points immédiatement contigus; car ils ſe confondroient & ne feroient qu'un ſeul & même point; enſorte qu'entre deux points quelconques d'une même ligne, réellement différens, il y a toujours une petite ligne diviſible à l'infini. Bien plus dans ce genre de quantités dans leſquelles il ne ſauroit y avoir deux grandeurs enſemble, on voit avec

plus d'évidence qu'il ne peut y avoir de ſaut d'une grandeur à l'autre; car dans l'inſtant que le ſaut devroit ſe faire, & la ſuite être interrompue par une acceſſion momentanée, il devroit y avoir deux grandeurs différentes, dont l'une fut la derniere de la ſérie précédente, & l'autre la premiere de la ſérie ſuivante. Cela ſe voit encore plus clairement dans ces états de choſes dans leſquelles d'un côté, il doit toujours y avoir un état, tandis que d'un autre côté, la choſe ne ſauroit avoir deux de ſes états à la fois.

Et c'eſt la raiſon pour laquelle le mouvement local ne ſauroit ſe faire que par une ligne continue; car ſi la ligne du mouvement étoit interrompue en quelque endroit, l'inſtant où le mobile ſe trouve au premier point de la ſeconde ligne, ſeroit poſtérieur ou antérieur au moment auquel il ſe trouve dans le dernier point de ligne antérieure où ces deux inſtans ſeroient le même. Dans les deux premiers cas il y auroit entre ces deux inſtans un temps diviſible à l'infini, pendant lequel le corps ne ſeroit nulle part; & dans le ſecond cas, le

corps ſe trouveroit à la fois dans deux lieux différens.

5. Mais il ſe préſente contre ce raiſonnement une difficulté : car il paroît qu'on peut en conclure que la création & l'annihilation d'une choſe ſont impoſſibles, puiſque ſelon notre raiſonnement, à l'inſtant auquel une choſe eſt créée, elle devroit joindre enſemble deux états incompatibles, l'être & le non être; & à l'inſtant de ſon annihilation, elle devroit avoir en même temps l'exiſtence & la non exiſtence. La réponſe eſt facile, le rien n'a aucune véritable propriété; il eſt exclus immédiatement par l'être; & une ſuite d'états dont chacun eſt rien, n'exige aucun terme qui la termine; c'eſt pourquoi au premier & au dernier inſtant du temps qu'une choſe eſt ſuppoſée durer, elle exiſte, & ne joint pas enſemble l'exiſtence & la non exiſtence. Mais ſi une choſe qui a une certaine denſité & qui a duré pendant une demi-heure, doit durer la ſeconde demi-heure avec une denſité double, au moment qui ſépare la premiere demi-heure de la ſeconde, il y auroit à la fois une denſité double,

& une densité simple, ce qui est évidemment absurde.

6. Si les choses sont ainsi, il est clair que lorsqu'un corps va frapper un autre corps en mouvement, le choc doit se faire de maniere qu'il n'y ait point de saut dans la communication du mouvement. On sait par les loix du mouvement, dont on a parlé dans la 1re. section, qu'un corps sans ressort, qui avec 16 degrés de vîtesse, va frapper un autre corps égal, aussi sans ressort, mu dans le même sens, avec quatre degrés de vîtesse, doit lui en communiquer 6 degrés, de maniere qu'après le choc, les deux mobiles doivent avoir chacun dix degrés de vîtesse; mais selon la loi de continuité, la vîtesse du corps choqué ne peut pas passer de 4 à 10 degrés dans un instant indivisible, & par un saut; il faut donc que dans le choc, le mouvement ne se communique pas dans un instant, mais peu à peu. D'un autre côté, si la surface antérieure du corps choquant, atteignoit avec 16 degrés de vîtesse, la surface postérieure du corps choqué, à l'instant du contact mathématique, les surfaces devroient

aller avec la même vîteſſe, c'eſt-à-dire, chacune avec 10 degrés de vîteſſe, & il ſe feroit un ſaut. Il paroît donc qu'il n'y a point de vrai contact mathématique, mais ſeulement un contact phyſique, qui conſiſte en ce qu'entre les corps qui ſe choquent, il y a à l'inſtant du contact un petit eſpace, quoiqu'inſenſible, entre leurs ſurfaces; mais s'il y avoit un contact mathématique, il n'y auroit dans le moment de ce contact, aucun eſpace entre les corps qui ſe choquent. Ces corps agiſſent donc les uns ſur les autres, ſans parvenir au contact mathématique, & le ſeul contact phyſique a lieu dans la nature : ainſi, lorſque dans la ſuite nous parlerons du contact ou du choc des corps, nous entendrons toujours le contact phyſique, à moins que nous ne nommions expreſſément le contact mathématique. Mais comment un corps pourra-t-il agir ſur un autre corps, & lui communiquer du mouvement ſans le toucher mathématiquement? c'eſt ce que nous expliquerons dans la ſuite de cet ouvrage, après avoir développé la nature des Forces répulſives & attractives.

7. Qu'on ne dise pas que quand la vîtesse du corps choquant dont on vient de parler, passe de 16 à 10 degrés, les dix degrés subsistent, & que les 6 sont anéantis; qu'ainsi il n'y a pas de saut dans la durée des 10 premiers degrés, & que dans l'anéantissement, le saut ne répugne pas, puisqu'on n'a pas en même temps l'être avec le non être, l'existence avec la non existence; car les 16 degrés de vîtesse du corps choquant, ne sont pas une chose composée de 16 choses réellement distinctes dont 10 restent après le choc, & 6 sont détruites par le choc; mais ce sont une seule & simple détermination à exister dans des points de l'espace éloignés d'un certain intervalle, comme par exemple, de 16 pieds, & cela après un certain temps déterminé d'une heure, par exemple.

8. On peut cependant remarquer que la loi exacte de continuité n'a pas lieu dans les choses qui ne sont pas continues, mais qui sont l'assemblage de plusieurs grandeurs séparées. Cela arrive dans les édifices qui croissent comme par sauts, par l'accession de nouvelles

pierres, ou de nouvelles pieces de bois; mais la loi de continuité est cependant observée dans les mouvemens des parties primitives de ces pierres & de ces pieces de bois. Dans l'accroissement des plantes & des corps animés, les nouvelles accessions de matiere observent aussi la loi de continuité dans les mouvemens & les vîtesses. Mais dans la grandeur des plantes & des corps animés, la nature affecte une continuité, du moins apparente : continuité que nous observons dans la série des substances, à commencer par les corps inanimés, passant ensuite aux végetaux, delà à quelques demi-animaux immobiles, ensuite aux animaux de plus en plus parfaits, jusqu'aux singes si semblables à l'homme; mais il est visible qu'entre deux especes voisines, il pourroit y avoir encore une infinité d'autres especes qui differeroient moins entr'elles que ces deux-là, & qu'ainsi il n'y a dans cette progression qu'une continuité affectée, apparente, mais non pas rigoureuse.

Il y a des arcs de courbe, ainsi qu'on peut le voir dans le second

volume de notre Cours de Mathématiques, qui sont composés de points séparés les uns des autres, & qui ne forment pas une courbe continue, mais qui ont l'apparence d'une telle courbe; ainsi la loi de continuité est observée dans ce cas-là, du moins en apparence; mais elle est exactement observée dans les mouvemens & les vîtesses des corps, ce qui suffit pour la théorie que nous nous sommes proposés de développer dans cet ouvrage.

CHAPITRE II.

De l'Existence des Forces Attractives & Répulsives.

9. TOUTES les fois qu'un corps inanimé s'approche d'un autre corps sans l'action d'une cause extrinseque qui puisse produire ce mouvement, il y a ce qu'on appelle *attraction*. Dans plusieurs occasions on remarque que les corps tendent les uns vers les autres, sans qu'on puisse imaginer aucune impulsion matérielle qui produise cette tendance; & celui qui voudroit bannir

nir l'attraction de la Physique, devroit faire voir que les corps ne s'approchent jamais qu'en vertu d'une impulsion, impulsion qu'il faudroit prouver par des expériences ou des observations, ou enfin par un raisonnement démonstratif, tiré de la nature des causes physiques dont l'existence est reconnue, & sans avoir recours à des suppositions ou à des fictions, appuyées sur des pures possibilités; mais aucun homme jusqu'ici n'a donné de telles preuves contre l'attraction.

10. Les parties des corps sont adhérentes entre elles, & s'attirent mutuellement. Cette attraction ne dépend pas de la pression de l'air environnant; puisque dans la Machine de Boyle, après avoir fait le vuide, les corps solides ne perdent pas leur fermeté. Elle ne dépend pas non plus de l'action de ce fluide qu'on nomme *æther*, ni de ce fluide que les Cartésiens appellent *matiere subtile*, & dont ils ne sauroient démontrer l'existence; car si cela étoit, un tel fluide comprimeroit aussi les parties de l'air les unes

contre les autres, & rendroit l'air solide.

11. La tenacité des fluides, la rondeur que leurs gouttes affectent, prouvent suffisamment qu'il y a une attraction entre leurs parties.

Les corps solides attirent les fluides, & ceux-ci attirent réciproquement les corps solides : l'attraction est donc une propriété universelle, puisqu'on l'observe dans des corps solides & dans les corps fluides.

Qu'on prenne deux miroirs de verre blanc polis, bien nets & secs, qu'on applique l'un de ces miroirs sur l'autre ; si l'on veut ensuite les séparer l'un de l'autre, on sentira une certaine résistance qui vient de la force avec laquelle ces miroirs s'attirent l'un l'autre ; & ce n'est pas l'air qui produit cette attraction, comme on peut s'en convaincre, en faisant l'expérience dans le vuide de Boyle. Si l'on prend de longs cheveux d'enfans, auxquels on suspende des lames très-minces de parchemin, de cuir, de bois, de fer, de la longueur d'un pied & d'une demi-ligne de largeur dans une

longue cloche de verre, afin d'empêcher l'agitation de l'air, qu'on approche ensuite extérieurement tels corps que l'on voudra de la cloche, ces lames s'en approcheront. On peut aussi observer les effets de l'attraction, en appliquant les unes sur les autres des surfaces polies & nettes des métaux & demi-métaux, comme d'argent, de bronze, de fer, de plomb, d'étain, de zinc, de bismut, de régule d'antimoine, &c.

12. Non seulement les corps s'attirent dans le contact, mais lorsqu'ils sont éloignés d'un certain intervalle; car si entre les miroirs dont on a parlé ci-devant, on place un fil de soie tel qu'il est produit par le ver à soie, en liant avec ce fil à de grands intervalles, l'un des miroirs; alors, quoique ces miroirs soient distans entr'eux de toute la grosseur du fil, on éprouve néanmoins une force d'attraction considérable; & cela a lieu en prenant des miroirs fort épais, à l'égard desquels on ne doit pas soupçonner que les parties comprises entre les intervalles des fils puissent se toucher en se fléchissant. On peut

aussi, au lieu de deux miroirs, employer des plaques de métal polies, seches, nettes & épaisses d'un ou deux pouces (1).

(1) Deux spheres de verre, par exemple, placées à une certaine distance sur la surface de l'eau renfermée dans un vase, se rapprochent l'une de l'autre, & s'unissent si bien, que, si l'on fait mouvoir l'une des deux, l'autre suivra la même direction sans la quitter. Ce qu'on peut attribuer à l'action de l'eau qui se leve le long de leurs surfaces, & qui attire le verre par lequel elle est attirée. On sait que deux globules de mercure, placés à une très-petite distance l'un de l'autre sur un plan poli, se rapprochent & s'unissent avec un mouvement qui paroît augmenter à proportion que la distance diminue; & l'on observe le même phénomene entre deux gouttes d'eau, de vin, d'huile, &c.

L'huile de vitriol concentrée, attire l'eau avec force. L'esprit de nitre fumant, attire les vapeurs que renvoie l'esprit de sel ammoniac, & s'unit avec elles en faisant effervescence. Le naphte, soit naturel, soit artificiel, attire à lui le feu à une certaine distance: les eaux, les liqueurs fermentées, les alkalis, les acides, absorbent l'air ambient, & le concentrent tellement dans leurs pores, que l'art peut à peine le séparer. L'esprit de nitre fumant, uni aux huiles æthérées, fait une si grande effervescence au moment de son union, le frottement est si grand,

Prenons un corps opaque quelconque *a S b* (*fig. 96*) terminé par un tranchant *S* : ce corps peut être métallique ou une pierre, ou même un verre transparent; si l'on fait passer dans une chambre obscure & bien fermée, des rayons solaires à travers un petit trou, fait au volet de la fenêtre, & qu'on leur présente le tranchant *S* à une certaine distance, le rayon le plus proche en sera fortement attiré, & se dirigera vers *D*; le rayon voisin en est moins attiré, & se dirige vers *c*; le suivant est encore moins attiré; le rayon *E h* parvient en *h*, sans se détourner de son chemin (1). Non seu-

---

qu'elles s'enflamment avec violence. Les acides minéraux, mêlés à des extraits & à des substances distillées, forment une espece de matiere résineuse. Le mercure a une grande affinité avec les métaux & le souffre, & les alkalis attirent puissamment l'humidité de l'air.

(1) L'inflexion de la lumiere auprès des pointes de métal, de bois, de verre, n'est ni augmentée ni diminuée lorsqu'on électrise fortement ces pointes : (nous verrons dans la suite ce que c'est que l'électricité); cet effet ne vient donc d'aucune athmosphere électrique.

lement l'attraction a lieu, mais encore la répulsion, qui, dans cette expérience, paroît commencer à une plus grande distance, ensorte que le rayon qui suit se dirige vers *i*; le rayon suivant plus éloigné de *S*, étant moins repoussé, parvient en *k*, tandis que le plus éloigné conservant sa direction, va en droite ligne en *L*. Cette attraction & cette répulsion de la lumiere, est très-sensible lorsqu'on prend deux tranchans d'acier opposés, & qu'on les fait approcher peu à peu, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus qu'un petit intervalle.

13. Nous avons vu dans la Section précédente que l'air se comprime sensiblement en raison des poids dont il est chargé; mais cette loi n'a lieu que lorsque les poids ne sont pas trop considérables; & parce que la réaction est égale à l'action, la force répulsive de l'air augmente à proportion que les particules sont plus rapprochées. Ceux qui prétendent que les molécules aériennes ont la figure d'un flocon de laine, ou d'un osier tordu, ne sauroient expliquer, d'où peut venir la grande fluidité de l'air. Les Physiciens qui voudroient attribuer cette

fluidité à une matiere subtile, interposée entre les particules des fluides, & mue en toutes sortes de sens, seroient obligés de démontrer l'existence de cette matiere, & de nous dire comment il peut se faire que ses particules en se choquant mutuellement, depuis tant de siecles, n'ont pas perdu tout leur mouvement. Si l'on bannit les forces répulsives de la nature, on ne rendra jamais une raison satisfaisante des phénomenes que nous présente la résistance des fluides élastiques.

L'eau réduite en vapeurs, acquiert une force expansive très-considérable, qu'elle doit à la force répulsive, qui a augmenté lorsque les molécules aqueuses se sont écartées l'une de l'autre. La glace devient plus légere que l'eau : cette augmentation de volume & de fermeté, ne suppose-t-elle pas que ses molécules, quoique plus éloignées qu'auparavant, adherent cependant plus fortement ensemble, & que leur attraction est devenue plus grande ? La rondeur des gouttes de la pluie qui tombe à travers l'air ; la rondeur des gouttes d'huile qui nagent

dans l'eau, prouvent auſſi démonſtrativement la force attractive qui regne entre les parties des fluides.

Pareillement lorſque deux gouttes ſe touchent, ou ſont prêtes de ſe toucher; elles ſe portent l'une vers l'autre pour n'en faire qu'une: on peut l'obſerver, ſur-tout ſi ce ſont deux gouttes de mercure fort petites, poſées ſur du papier ou ſur un miroir de verre. Or ce mouvement ne peut venir de l'action d'un fluide environnant, puiſqu'un tel fluide rempliſſant les angles que forment les gouttes avant leur réunion, devroit plutôt empêcher cette réunion. De petites gouttes d'eau placées ſur un plan verniſſé, ou ſur une feuille de chou, & qui ont une figure fort ronde, s'applatiſſent ſi on les poſe ſur un plan plus denſe & plus attirant.

Mettez une très-petite goutte de mercure ſur du papier, faites-la toucher par un morceau de cryſtal, il enlevera cette goutte qui quittera le papier. Approchez cette goutte enlevée d'une autre très-petite, placée ſur ce même papier, celle-ci s'attachera à la premiere, pour en former

une plus grosse qui sera élevée par le crystal. Mais si vous approchez la goutte adhérente au crystal, d'une goutte de mercure assez grosse pour ne pouvoit être enlevée par la force attractive du crystal, alors la petite goutte, plus attirée par la grosse goutte que par le crystal, abandonnera celui-ci pour se réunir à la grosse goutte. Remplissez de mercure par voie de succion, un tube de verre fort étroit; posez-le horizontalement; il en restera une petite portion dans le tube, qui ne tombera pas même en élevant le tuyau; mais si vous approchez obliquement ce tube du vif-argent contenu dans un vase, tout ce qui est contenu dans ce tuyau s'écoulera, à cause de l'attraction du mercure du vase plus forte que celle du verre.

Plongez en partie un tube de verre fort étroit, (de ceux qu'on nomme *capillaires*), dans l'eau d'un vase; cette eau montera dans ce tube beaucoup plus haut que le niveau de l'eau du vase. Si sur la surface extérieure d'un tuyau capillaire, vous laissez tomber une goutte d'eau, elle descendra le long du tube; s'il est incliné, elle parvien-

dra à ſon orifice inférieur où l'attraction de la ſurface interne la fera monter avec rapidité dans l'intérieur de ce tube, & cela arrive dans le vuide de Boyle comme dans l'air : mais nous reprendrons cette matiere dans la ſuite.

Qu'on prenne un morceau de ſapin qu'on vient de tremper dans l'eau, qu'on le mette en équilibre dans l'air, à l'aide d'une romaine, ou d'une eſpece de balance, & qu'on en approche un vaſe plein d'eau pardeſſous, l'eau attirera ce ſapin de maniere que ſi la ſurface qui touche l'eau eſt d'un pouce quarré, il faut ajouter de l'autre côté de la romaine un poids d'environ 50 grains pour rétablir l'équilibre.

14. C'eſt la force avec laquelle les parties des deux fluides s'attirent, qui produit ce que les Chymiſtes appellent *coagulum :* de l'eſprit d'urine très-ſubtil, mêlé avec l'*alcool* (c'eſt-à-dire avec l'eſprit de vin rectifié au dernier degré), produit ſubitement un corps ſolide ſemblable à la glace. L'*alcool* de vin mêlé avec le blanc d'œuf ou avec la ſéroſité du ſang, produit auſſi

un *coagulum* ; ce qui, pour le dire en paſſant, peut nous donner une idée des mauvais effets que produit dans l'économie animale l'uſage des liqueurs ſpiritueuſes. Les acides minéraux, mêlés à des extraits & des ſubſtances diſtillées, forment une eſpece de matiere réſineuſe. Le mercure a une grande affinité avec les métaux & le ſouffre ; & les alkalis attirent puiſſamment l'humidité de l'air.

15. Faites diſſoudre quelque ſel dans l'eau, mettez une goutte de cette diſſolution ſur un verre plan un peu chaud, afin que l'eau s'évapore lentement ; alors vous pourrez voir par le moyen du microſcope, les parties ſalines d'abord petites, s'approcher peu à peu les unes des autres, ſe joindre enſemble pour former des cryſtaux dont la grandeur croît continuellement.

L'eau, le vin, le vinaigre de vin, de bierre, les huiles des plantes tirées par expreſſion, & d'autres liqueurs, étant verſées ſéparément dans un vaſe de verre net & ſec, ſont attirées par les côtés, & s'élevent vers eux ; leur ſurface étant concave & plus abaiſſée vers le milieu.

C'eſt par l'attraction que l'huile monte dans le coton d'une lampe; la même cauſe fait monter l'eau dans les fils de laine & dans les draps ſuſpendus; & M. *Petit* a prouvé que cet effet a auſſi lieu dans le vuide de *Boyle*.

16. Nonſeulement il exiſte une force d'attraction entre les corps; on obſerve auſſi qu'ils ſe repouſſent. Nous avons rapporté ci-deſſus une expérience dans laquelle un corps tranchant repouſſe la lumiere. Les parties des corps ſéparées par la fermentation, la combuſtion, l'effervefcence, imitent l'air, qui eſt compoſé des parties qui ſe repouſſent. Les huiles groſſieres & l'eau ſe repouſſent mutuellement, & ne ſe mêlent pas, à moins que le principe acide ou le *phlegme*, ne commence à dominer dans ces huiles. Certains inſectes, par les pieds deſquels il tranſpire une certaine huile, marchent ſur l'eau ſans s'enfoncer. Les plumes des oiſeaux aquatiques repouſſent l'eau qui ne les mouille pas.

On ſait que la roſée, (du moins en certains pays), ne tombe pas ſur

les métaux polis, mais qu'elle en eſt repouſſée. Avec les poils de certains animaux, comme les chameaux, les boucs, on fait des étoffes qui réſiſtent à la pluie qu'elles repouſſent.

Le cuivre fondu, jetté dans l'eau, en eſt répouſſé avec une grande violence, au grand péril des aſſiſtans. Ce phénomene ne ſauroit être attribué à l'action de l'eau, réduite en vapeurs par le cuivre fondu, puiſque l'argent & l'or ſuſceptibles d'une ſemblable chaleur, étant verſés, fondus dans l'eau, ſe diviſent ſeulement en grains, en faiſant un petit bruit. Ainſi l'on doit dire que le cuivre fondu, eſt repouſſé par l'eau, avec une grande violence, quoique ce métal froid adhere à ce même fluide, qui s'éleve au deſſus du niveau dans des tubes capillaires de cuivre.

Tout le monde connoît les larmes de verre qu'on appelle *larmes bataviques* (*fig.* 97), qui éclatent & ſe diſperſent en très-petites particules, lorſqu'on briſe leur queue, tandis qu'elles réſiſtent ſouvent à d'aſſez grands coups de marteaux, ſi on les frappe ſur la partie la plus groſſe,

dont les particules se soutiennent en forme de voûte. On fait ces sortes de larmes en laissant tomber une goutte de verre fondu dans l'eau fraîche, dont la froideur saisit les parties externes dans la situation où elles se trouvent. Le refroidissement de celles-ci retient les parties internes dans les distances dans lesquelles elles se repoussoient; de sorte que la fraction de la queue de la larme, occasionnant un certain mouvement & un changement de distances dans les molécules, la force répulsive les sépare & les disperse à la distance de 3 ou 4 pieds, & ce phénomene a lieu en plein air, & dans la machine du vuide, après qu'on a pompé l'air, qui ne contribue en rien à cet effet.

17. Nous pourrions rapporter bien d'autres exemples d'attractions & de répulsions; mais ceux que nous venons d'indiquer, sont plus que suffisans pour convaincre tout homme non prévenu, qu'il existe dans la nature des forces, soit répulsives, soit attractives. Il nous reste à parler de leur cause & des loix qu'elles suivent.

17. Les Collecteurs des actes de



Leipsik, avouerent enfin en 1710, qu'on ne peut expliquer par la compression d'un fluide environnant, les effets que les Attractionnaires attribuent à l'attraction, & qu'il faut les rapporter à un principe propre aux corps mêmes. Ce principe, selon eux, consiste dans des athmospheres invisibles, qui pénetrent la substance des corps, & se répandent autour de leur surface. Il existe sans doute, (dit le savant Auteur des Institutions Neutoniennes), de pareilles athmospheres. C'est par elles que deux objectifs de télescopes sont soutenus l'un au dessus de l'autre sans se toucher; c'est par elles qu'une aiguille seche, un très-petit globule de mercure, surnagent à la surface de l'eau, en faisant dans ce fluide, & tout à l'entour de ces corps, un creux proportionné à leur étendue ou diametre.

Nous sommes bien éloignés d'attribuer les phénomenes dont nous venons de faire mention, à de pareilles athmospheres, dont l'existence n'est nullement prouvée. (Il ne s'agit pas ici des attractions qu'on pourroit at-

tribuer à l'électricité, ou à la force magnétique, nous en parlerons dans la suite;) car d'où viennent ces athmosphères? quelle est leur origine, leur nature? comment agissent-elles? D'où tirent-elles leurs forces? quelle cause les retient autour des corps, soit dans l'air libre, soit dans la machine de Boyle quand on a pompé l'air? Ont-elles du mouvement, & d'où leur vient-il? Si elles n'en ont point, comment operent-elles? Voilà des questions auxquelle il nous paroît difficile de répondre d'une maniere raisonnable & capable de faire impression sur un homme sensé & un peu instruit.

Dira-t-on qu'il y a dans les corps un principe interne qui les pousse les uns vers les autres, ou qui les repousse selon les différentes occasions, puisqu'on n'a pu jusqu'ici trouver aucune matiere qui produise cet effet? Il vaudroit autant dire qu'il y a un principe interne qui produit l'irritabilité des fibres musculaires, qui assimile les alimens aux corps des animaux, qui les nourrit & les fait croître, qui régenere la peau des plaies, unit les vaisseaux ensemble, repro-

duit dans certains animaux, des animaux entiers par le moyen des parties coupées, qui produit la végétation des ſemences, & ce qu'on appelle la vie des plantes, &c. Quel pourroit être ce principe interne? D'où tire-t-il ſon origine? Quelle eſt ſa nature? Qui a démontré ſon exiſtence?

18. Les eſpaces céleſtes dans leſquels les planetes & les cometes font leurs révolutions, ſont un vuide preſque parfait, puiſque les planetes ni les cometes ne trouvent aucune réſiſtance ſenſible dans leur mouvement de la part du milieu ou eſpace qu'elles traverſent, quoique les cometes ſe meuvent du nord au midi, du midi au nord, d'orient en occident, &c. D'où il ſuit que l'attraction qui retient les corps céleſtes dans leurs orbites, ne peut être l'effet de l'impulſion d'un fluide quelconque.

Qu'on cherche tant qu'on voudra, qu'on imagine des fluides de toutes les eſpeces, élaſtiques ou non élaſtiques, on ne prouvera l'exiſtence d'aucun qui puiſſe produire les phénomenes des attractions & des répulſions,

& qui en même temps ne fasse aucune résistance sensible aux mouvemens des planetes & des cometes; au contraire, tout nous porte à croire que l'attraction & la répulsion dépendent d'une loi immédiate de la nature, par laquelle l'Eternel auroit établi que les particules des corps s'attireroient ou se repousseroient d'une maniere dépendante de la distance qu'il y auroit entr'elles. 1°. On ne peut sans absurdité nier que l'Architecte du monde ait pu établir une telle loi. 2°. Un grand nombre de phénomenes qu'on a rapportés ci-dessus, & la loi de continuité qui ne permet pas qu'un corps qui va en choquer un autre, arrive jusqu'à lui avec toute sa vîtesse, & qu'il y ait un contact mathématique, prouvent suffisament que les corps agissent les uns sur les autres, qu'ils s'attirent, se repoussent sans se toucher mathématiquement. L'Etre suprême a donc voulu qu'à cette distance une particule de matiere en attirât une semblable, & qu'à un distance différente, il y eût une répulsion au lieu d'une attraction; ce

pendant tous les phénomenes que nous venons de rapporter, n'empêchent pas que plusieurs Auteurs ne rejettent, les uns la répulsion & l'attraction, & les autres la répulsion seulement; mais leurs raisons sont si foibles qu'elles ne sauroient faire aucune impression sur les Lecteurs qui s'élevant au dessus des préjugés, refusent d'admettre les systêmes que la raison & l'expérience désapprouvent.

CHAPITRE III.

Recherche de la Loi selon laquelle les Corps s'attirent ou se repoussent.

19. SI une particule de matiere que je désignerai par *a* (*fig.* 98), attire ou repousse la particule *b*, égale, celle-ci à son tour, doit attirer ou repousser la particule *a*; car par la même raison que *a* attire ou repousse *b*, *b* doit aussi attirer ou repousser *a*; ensorte que l'attraction & la répulsion doivent être réciproques entre les parties de la matiere, & par conséquent

entre les corps composés de ces particules.

Si l'on suppose la particule *c*, égale & située tout auprès de la particule *a*, de maniere qu'on puisse sans erreur assignable, considérer les lignes *c b*, *a b* comme coincidentes & n'en faisant qu'une ; il est très-visible que chacune des particules *a*, *c* exerçant une égale force d'attraction sur la particule *b*, celle-ci doit s'approcher deux fois plus vîte des particules *a* & *c*, que les particules *a* & *c* ne s'approchent de *b*. Ainsi l'attraction, (& il en est de même de la répulsion,) est proportionnelle à la masse attirante, c'est-à-dire qu'une masse attire par toutes ses parties, & l'attraction est la somme des attractions de toutes les parties; de même l'attraction est proportionnelle à la masse attirée, puisque toutes les parties de cette masse sont attirées. Il peut cependant se faire que l'attraction d'une masse double ne soit pas double de celle d'une masse sous double ; parce que les parties attirées de cette masse, étant inégalement distantes des parties attirantes d'une autre masse, l'attraction de chaque partie ne

ſera pas la même; ainſi quand on dit que l'attraction eſt proportionnelle aux maſſes attirantes & aux maſſes attirées, cela doit s'entendre dans le ſens qu'on vient de l'expliquer. Néanmoins s'il s'agit des globes ſuppoſés parfaits & homogenes, les Géometres démontrent qu'en ſuppoſant que l'attraction ſuive la raiſon renverſée des quarrés des diſtances, c'eſt-à-dire, qu'en ſuppoſant que l'attraction ſoit d'autant plus petite que le quarré de la diſtance eſt plus grand, ces globes s'attirent de la même maniere que ſi toute leur matiere étoit réunie à leur centre (1).

20. Les phénomenes que nous avons rapportés dans le Chapitre précédent, prouvent d'une maniere incontestable que l'Eternel a donné à chaque point de matiere certaines déterminations à s'approcher, à s'éloigner ou à reſter en repos, déterminations qui dépendent des intervalles qui les ſéparent, & dont il eſt facile de donner une idée à ceux même

---

(1) On trouvera cette démonſtration dans la troiſieme édition de nos Inſtitutions Mathématiques.

qui ne ſont pas verſés dans les Mathématiques. Soit un reſſort *A P B* (*fig.* 99), dans ſa ſituation naturelle dans laquelle les points *A* & *B*, ne ſont ſollicités ni à s'approcher ni à s'éloigner ; ſi nous ſuppoſons qu'on tende ce reſſort en approchant les points *A* & *B* à la diſtance *a b* (*fig.* 100), il eſt viſible qu'ils feront effort pour s'éloigner ; mais ſi on écarte les mêmes points juſqu'en *a b* (*fig.* 101), ils feront effort pour ſe rapprocher. Ainſi dans le premier cas, les points *A* & *B* tendent à conſerver leur diſtance ; dans le ſecond, il y a une force répulſive qui agit pout les éloigner l'un de l'autre ; & dans le troiſieme, on a l'image d'une force attractive, qui fait effort pour rapprocher deux corps ou deux points de matiere. Mais ces forces qui tendent à éloigner ou à rapprocher les particules matérielles, ſont évidemment de la même eſpece, comme le mouvement vers l'orient eſt de la même eſpece que le mouvement vers l'occident.

21. Concevons maintenant une courbe *n N C T Q u L G H X*

(*fig.* 102), qui coupe ſon axe *A R* en un grand nombre de points plus ou moins proches les uns des autres ; de maniere que la branche *C N* ait pour aſymptote la ligne infinie *A c*, & que l'arc *G s* ſoit tel, qu'à compter du point *R*, les ordonnées *R S*, *r s*, &c. ſoient à très-peu près en raiſon inverſe des quarrés des abciſſes, c'eſt-à-dire décroiſſent comme les quarrés des diſtances *A R*, &c. augmentent, de maniere que ſi à la diſtance *A R*, ſuppoſée égale à 1, l'ordonnée *A R* eſt d'un pied, à la diſtance *A r*, ſuppoſée double de *A R*, l'ordonnée *r s* doit être environ quatre fois plus petite, parce que le quarré de *A r* ou de 2 eſt 4 (1). Suppoſons encore que l'eſpace renfermé entre l'axe, la branche *C N* prolongée infiniment & la ſymptote *A c* ſoit infini, tandis que l'aire *C i T D*, com-

(1) Les Géometres appellent la courbe dans laquelle les ordonnées ſont en raiſon renverſée des quarrés des abciſſes, une hyperbole du ſecond genre : nous en avons parlé dans nos Inſtitutions Mathématiques ; mais ce que nous avons dit ſur les courbes dans la

priſe entre la partie *C D* de l'axe ; & l'arc coreſpondant, eſt finie ; & qu'enfin la nature de cette courbe ſoit telle qu'en allant vers *a* ou du côté de la gauche, elle ait les mêmes arcs, & des ordonnées égales correſpondantes à des diſtances égales du point *A*, c'eſt-à-dire, que du côté des abciſſes negatives la courbe ſoit la même que du côté des abciſſes poſitives.

Si nous concevons maintenant que cette courbe repréſente par ſes ordonnées poſitives & négatives, les forces répulſives qui tendent à éloigner deux points de matiere, & les forces attractives qui tendent à les rapprocher ; il eſt viſible que deux élémens matériels étant placés l'un en *A*, l'autre en *M*, ſe repoufferont avec une force exprimée par l'ordonnée *M N* ; s'ils ſont ſitués l'un en *A*, l'autre en *m*, la force répulſive ſera exprimée

nouvelle édition de notre Précis de Mathématiques, eſt ſuffiſant pour entendre notre Phyſique ; quoiqu'il fût à ſouhaiter que les jeunes gens euſſent lu auſſi la derniere édition des Inſtitutions Mathématiques, qui eſt bien ſupérieure aux précédentes.

mée par *m n*, & cette force croîtra à proportion que les points s'approcheront davantage, de maniere qu'en les ſuppoſant infiniment proches, la force répulſive *m n* ſera infinie. Si l'on ſuppoſe donc qu'un point *C* de matiere s'approche du point *A* avec une vîteſſe finie auſſi grande qu'on voudra, les forces répulſives déſignées par les ordonnées *M N*, *m n*, &c. dont la ſomme forme l'aire infinie aſymptotique *A c n N C*, ralentiront d'abord, éteindront enſuite le mouvement, & repoufferont les points *A* & *C*, de maniere qu'ils ne ſauroient parvenir à un contact immédiat & mathématique; puiſqu'il faudroit pour cela que le point *C* ſurmontât une force infinie, ce qu'il ne ſauroit faire, parce qu'il n'a qu'un mouvement fini. Si deux points de matiere ſe trouvent, l'un en *P*, l'autre en *A*, ils ſe repouſſeront avec une force déſignée par l'ordonnée *P Q*. Mais s'ils ſont placés à la diſtance déſignée par l'abciſſe *A D*, ils s'attireront avec une force exprimée par l'ordonnée négative *D T*, qui répond à un arc *C T t*, ſitué au deſſous de l'axe des abciſſes. Mais ſi un point

eſt ſitué en *A*, & l'autre en *E*, où la courbe coupe ſon axe, & où l'ordonnée *P Q* eſt nulle ou zéro, il eſt viſible qu'ils n'éprouveront ni attraction ni répulſion.

Nous appellerons *limites* des forces les points *C*, *t*, *h*, &c. dans leſquels la courbe rencontre ſon axe; & il eſt viſible qu'il y en a de deux eſpeces; en effet, dans les unes la diſtance, (à compter du point *A*), croiſſant, l'on paſſe des forces répulſives aux forces attractives; telles ſont les limites *C*, *E*; car entre *E* & *k*, les forces ſont attractives, tandis qu'elles ſont répulſives entre *E* & *t*. Dans les autres limites, on paſſe des forces attractives aux répulſives, telles ſont les limites *t*, *k*, *x*. Nous donnerons le nom *de limites de cohéſion*, à celles dans leſquelles la diſtance diminuant, la force répulſive tend à éloigner les points matériels, & au contraire la diſtance augmentant, la force attractive fait effort pour les rapprocher. Telles ſont les limites *C*, *E*, &c. Mais les *limites de non cohéſion* ou de la ſeconde eſpece, ſont telles que la diſtance diminuant, les points s'attirent, tandis qu'ils ſe repouſſent lorſque

la diſtance augmente. Si deux points ſe trouvent dans des diſtances *A R*, *A r*, correſpondantes à l'arc G *s*, ils s'attireront par des forces qui ſuivront la raiſon renverſée des quarrés des diſtances : c'eſt ce qui arrive aux planetes & aux cometes que le ſoleil attire à peu près ſelon cette loi. Mais ſi les diſtances ſont très-conſidérables, & plus grandes de beaucoup que le plus grand éloignement des cometes par rapport au ſoleil, la courbe pourra recouper ſon axe en *b*, *g*, &c. & ſi les étoiles fixes ſont ſuppoſées ſe trouver dans les limites *g*, *q*, &c. le ſoleil étant en *A*, elles n'auront aucune tendance vers cet aſtre ; de même ſi elles ſe trouvent les unes par rapport aux autres, dans des limites de cohéſion, elles ne pourront s'approcher ni s'éloigner. Le reſſort *A P B*, (*fig.* 99) repréſente une limite de cohéſion ; car ſi l'on diminue la diſtance *A B*, (*fig.* 100) ou ſi on l'augmente (*fig.* 101), les points *A* & *B*, tendent à recouvrer leur premiere ſituation, dans le premier cas, en s'éloignant l'un de l'autre, & dans le ſecond, en ſe rapprochant.

22. Les limites de cohésion peuvent être plus ou moins fortes, selon que la courbe rencontre son axe, sous un angle plus ou moins approchant de 90 degrés; car les ordonnées croissent alors très-rapidement en s'éloignant des limites. De même les aires répulsives & attractives, qui se succèdent alternativement, peuvent être plus ou moins grandes; mais nous ignorons quel est leur nombre & leur grandeur absolue, qui dépend de la partie correspondante de l'axe & de la grandeur des ordonnées correspondantes. C'est pourquoi il peut y avoir un très-grand nombre de limites, les unes plus fortes, les autres plus foibles, les unes plus, les autres moins éloignées entr'elles. Les parties de l'eau se trouvent dans des limites très fortes; car elles résistent aux plus grandes forces qu'on a employées pour les comprimer; ce qui prouve que les forces répulsives qu'il faudroit vaincre pour diminuer la distance naturelle qui se trouve entre les molécules aqueuses, sont très-considérables. Mais si l'on veut éloigner les mêmes molécules, que la force attractive retient les unes

près des autres, on n'a pas beſoin d'une ſi grande force. Après cette force attractive, ſuccede encore une force répulſive, qui produit la grande force élaſtique, & l'expanſion des vapeurs de l'eau. Mais à cette force répulſive ſuccede une force attractive, qui vient de la gravité ou de l'attraction univerſelle qui pouſſe tous les corps vers tous les corps. On ſe tromperoit groſſierement ſi l'on penſoit que la force qui unit les particules des corps, eſt proportionnelle à leur denſité ou à leur peſanteur ſpécifique; car le diamant, qui eſt le corps le plus dur, eſt beaucoup moins denſe que l'or, quoiqu'il ſoit bien plus dur que ce métal.

23. Mais développons un peu mieux la maniere dont deux points agiſſent l'un ſur l'autre : ſuppoſons que la diſtance entre ces points eſt déſignée par *A d* (*fig.* 102), il eſt viſible qu'ils s'attireront avec une force exprimée par *d i*; ainſi ils s'approcheront l'un de l'autre par un mouvement qui ira toujours en augmentant juſqu'en *C*; car dans tous les points compris entre *D*

& *C*, la force attractive désignée par l'ordonnée correspondante, pousse ces points l'un vers l'autre; c'est pourquoi au point *d*, la force désignée par *d i*, se joignant au mouvement avec lequel les corpuscules s'approchoient déjà l'un de l'autre, augmentera leur vîtesse. Lorsque la distance sera représentée par la ligne *A C*, l'attraction sera nulle; cependant les points continueront de s'approcher en vertu du mouvement acquis; mais la force répulsive venant à agir continuellement, retardera d'abord, arrêtera ensuite le mouvement, & enfin repoussera les points au-delà de *C*; mais ces points se rapprocheront par la force attractive comme la premiere fois, & se repousseront ensuite, de maniere qu'ils feront des oscillations en s'approchant & en s'éloignant alternativement. Mais si la distance *A D* est insensible, ces oscillations ne seront pas remarquables, & on ne pourra les observer.

Si deux points de matiere se trouvent à la distance *A P*, correspondante à un arc répulsif, ils se repousseront & parviendront à la dis-

tance *A E*, avec une force égale à celle qui eſt repréſentée par la ſomme des forces répulſives correſpondantes à la partie *P E* de l'axe, c'eſt-à-dire avec une force repréſentée par l'aire ou l'eſpace *P Q E*. Paſſant enſuite à une diſtance plus grande que *A E*, ils s'attireront mutuellement; mais ſi l'eſpace *E u k*, eſt moindre que l'aire *P Q E*, la force totale qui tendra à les faire rapprocher, ne pourra pas détruire tout leur mouvement répulſif, ils paſſeront dans un nouvel arc répulſif *k L h*, & enſuite dans l'arc attractif ſuivant. Si l'aire compriſe entre cet arc & l'axe, eſt plus grande que la force accumulée de répulſion avec laquelle les points ont franchi la diſtance *A k*, ils ne pourront franchir cet arc; mais ils ſeront attirés de nouveau l'un vers l'autre. Si cette aire eſt juſtement égale au mouvement de répulſion qu'ils avoient à la diſtance *A k*, lorſqu'ils ſeront arrivés en *x*, leur mouvement ſe trouvant entierement détruit, ils s'arrêteront à cette limite. Si cette aire eſt moindre que le mouvement dont nous venons de parler, les points franchiront la diſ-

tance *A x*, entreront dans l'arc répulsif *x F V*, & ensuite dans l'arc attractif *V G S s*, qui s'étend à des distances plus considérables que le plus grand éloignement des cometes par rapport au soleil.

24. Si l'on suppose deux points de matiere *A*, *B* (*fig.* 103), placés dans de fortes limites de cohésion, & poussés par des forces quelconques égales, & opposées, dans des directions *A M*, *B N*, qui fassent des angles égaux avec la ligne *A B*, qui joint les deux points, ils tourneront autour du milieu *C* de cette ligne, en décrivant dans le même temps des courbes égales & semblables dont la figure ne représente qu'une partie; de maniere que les arcs *A P*, *B T*, étant supposés égaux, le point *A* arrivera en *P* dans le même temps que le point *B* parviendra en *T*; ensorte qu'il peut arriver que ces points venant de loin, à la rencontre l'un de l'autre, ne se quitteront pas, mais tourneront autour d'un point fixe, situé au milieu de leur distance, & si près l'un de l'autre, que l'intervalle qui les sépare ne sera point sensible. Cela ne pour-

roit-il pas ſervir à expliquer la maniere dont les métaux ſe liquéfient ?

Soient maintenant ſuppoſés trois points *A*, *C*, *B*, ſitués aux trois angles d'un triangle (*fig.* 104), ſi les points *A*, *B* ſe trouvent dans des limites de cohéſion, & que le point *C* ſe trouve auſſi dans des limites de cohéſion, par rapport aux points *A* & *B*, ces points reſteront en repos, comme il eſt évident. Mais ſi à la diſtance *A C* répond une force attractive déſignée par *L C*, & qu'à la diſtance *C B* réponde la force attractive *C K*, le point *C* ſuivra la diagonale *C F* du parallélograme *L C K F*. Mais ſi les forces du point *A* & du point *B* étoient répulſives & exprimées reſpectivement par *C N* & *C M*, le point *C* ſuivroit la direction *C H*. Si au contraire la force du point *B* reſtant répulſive par rapport au point *C*, celle du point *A* étoit attractive & déſignée par *C L*, le point *C* ſuivroit la direction *C t*, c'eſt-à-dire ſe mouvroit de côté. Il eſt aiſé de voir que le point *C* ſuivroit la direction *C G*, ſi la force *C N* du point *A* étoit ré-

pulſive, tandis que la force *C K* du point *B* ſeroit attractive. Si le triangle *A C B* étoit iſocele, & que la ligne *A B* fût inaſſignable par rapport à la hauteur *C D*, la ligne *C D* couperoit la ligne *A D B* en parties égales; & à cauſe de l'angle infiniment petit *L C K*, *C F* feroit ſenſiblement le double de *C L* ou de *C K*, & *C H* feroit auſſi le double de *C M* ou de *C N*. Donc ſi les forces des points *A* & *B* étoient à la fois répulſives, ou à la fois attractives, & que l'une de ces forces ſuivît la raiſon renverſée des quarrés des diſtances, leur ſomme ſuivroit auſſi la même raiſon. Si en ſuppoſant que les forces des points *A* & *B* ſont attractives, elles doivent avoir lieu en prolongeant les lignes *A B*, *A C*, d'une certaine quantité, on ſuppoſe en même temps que le point *C* ait été un peu éloigné des points *A* & *B*, les forces attractives des points *A* & *B* le rapprocheront de la ligne *A B*; mais ſi ces forces ſont répulſives, il pourra ſe faire que le point *C*, après avoir été rapproché de la ligne *A B*, en ſoit écarté par les forces répulſives des

points *A* & *B*. Si nous concevons que les points *A*, *B*, *C* ſoient placés dans des fortes limites de cohéſion, & qu'on donne au point *C* un mouvement pour le faire tourner autour de la ligne *A B*, il eſt viſible que ce tournoiement pourra avoir lieu ſans que ce point s'écarte ſenſiblement de la ligne ou de l'axe *AB*. Si les points *A*, *B*, *E* (*fig.* 105) ſont placés dans des limites de cohéſion aſſez fortes, & que quelqu'un retienne le point *B* dans le lieu où il eſt, en faiſant tourner le point *A* autour de lui juſqu'à ce qu'il arrive en *a*, le point *E* parviendra en *e*, & la forme du triangle *A*, *E*, *B* ſera conſervée.

Si, au lieu de trois points, nous en conſidérons quatre, la variété des mouvemens augmentera prodigieuſement ſelon les poſitions & les diſtances différentes. Que ſeroit-ce ſi au lieu des points, nous prenions des maſſes compoſées d'un nombre de points que perſonne ne connoît? Par le moyen de quelle géométrie pourrions-nous déterminer leurs mouvemens, qui cependant dépendent de cette loi

ſimple, dont nous avons parlé ci-deſſus. Néanmoins toute cette variété aura lieu dans les petites diſtances, dans leſquelles la courbe coupe & recoupe ſon axe; car dans les diſtances un peu conſidérables, les ordonnées ſuivent à très-peu près la raiſon renverſée des quarrés des diſtances. Si une molécule eſt compoſée d'un certain nombre de points placés d'une maniere irréguliere autour de ſon centre, elle pourra attirer une autre molécule par un de ſes côtés, & la repouſſer par l'autre côté, comme on l'obſerve dans l'aimant : bien plus, il pourra y avoir dans la ſurface de la même molécule, pluſieurs lieux alternatifs de forces répulſives & attractives, parce qu'il peut y avoir dans ces endroits plus ou moins de points que dans les autres, & ces points peuvent être ſitués dans des intervalles différens, relativement au centre & à eux-mêmes. Il pourra auſſi arriver que comme un point attiré par un autre point, & repouſſé par un autre, reçoit un mouvement vers le côté, de même une molécule attirée par une certaine partie d'une autre

molécule, & repouſſée par une autre partie de la même molécule, aura une certaine tendance vers le côté, & ne pourra reſter en repos que dans une certaine poſition. Mais nous ne nous propoſons pas d'entrer dans le détail de tous les cas qu'on pourroit propoſer ſur cette matiere.

De ce qu'on vient de dire, il ſemble ſuivre que deux points de matiere ne peuvent parvenir à un contact immédiat & mathématique, & que par conſéquent les élemens des corps ou leurs parties primitives, ſont indiviſibles & ſimples. On pourroit cependant dire que les élémens ou les parties primitives dont les corps ſont compoſés, ont une très-petite étendue, & que les loix de la répulſion n'ont lieu qu'entre ces élemens, & non entre les particules mêmes de l'aſſemblage deſquelles réſultent ces mêmes élemens; de maniere qu'entre ces élemens & non entre les particules mêmes de l'aſſemblage dès quelles réſultent ces mêmes élemens, il y a ſeulement des forces attractves, & non des forces répulſives. Il eſt vrai que ſi l'on ſuppoſoit qu'une par-

ticul e située au milieu d'un élement, fût anéantie, les autres particules étant supposées séparées par cette opération, s'approcheroient par leur force attractive, & se choqueroient de maniere que la loi de continuité seroit violée; mais on pourroit répondre, 1°. que cela ne peut se faire naturellement, & qu'il ne s'agit ici que des effets naturels. 2°. Que si on supposoit aussi que Dieu détruise la force répulsive, la même loi de continuité seroit violée dans le choc des corps. 3°. Que rien n'empêche de dire que le Souverain de l'Univers a établi deux especes de cohésions, l'une entre les élémens des corps, & l'autre bien différente entre les particules même de ces élemens.

25. Il faut cependant convenir qu'il est difficile de prouver que les premiers élémens de la matiere, sont étendus & divisibles; car il n'existe aucune partie de matiere, qu'on la suppose simple, déterminée ou indéterminée, qui exige l'existence d'autres parties voisines & hors d'elle; ainsi rien n'empêche de dire que les élémens des corps ne se touchent pas,

qu'ils ſont placés à certaines diſtances les uns des autres, & retenus par des forces attractives qui les empêchent de s'éloigner, tandis que les forces répulſives les empêchent de s'approcher.

26. Les anciens Scholaſtiques, au lieu de donner l'explication & d'aſſigner la cauſe d'un phénomene, diſoient ſouvent qu'un tel effet étoit produit par une cauſe intrinſeque propre à un tel corps, ſans prouver d'ailleurs l'exiſtence de cette cauſe; & c'eſt ce qu'on appelle une *qualité occulte*.

Quelqu'un pourroit objecter, contre la théorie qu'on vient d'établir, que les forces mutuelles avec leſquelles nous faiſons agir les corps les uns ſur les autres, ſont des qualités occultes, & qu'elles établiſſent une action entre des corps éloignés les uns des autres. Mais nous ne prétendons pas qu'un corps agiſſe ſur l'autre par une force qui lui ſoit particuliere; nous voulons dire ſeulement que l'Eternel, en créant cet Univers viſible, a voulu que les corps fuſſent déterminés à s'approcher ou à s'éloigner les uns des autres, ſelon qu'ils ſe trouveroient

plus ou moins diſtans. Ces détermi-nations ſont les effets de la loi des forces répulſives & attractives, que les corps exercent les uns ſur les autres. Or, ces déterminations ne ſont pas des qualités occultes : chacun comprend ce que c'eſt que s'approcher, s'éloigner, ou reſter dans la même place. Ainſi la loi des forces que nous admettons, ne peut être miſe au rang des qualités occultes, ou des qualités & des propriétés, dont on n'a aucune idée diſtincte. D'ailleurs nous ſouhaiterions qu'on nous dît de bonne foi ſi l'on comprend clairement comment un corps pourroit agir ſur un autre corps, & lui communiquer du mouvement par un contact mathématique, & comment par le moyen d'un tel contact le mouvement peut paſſer d'un corps dans un autre. Si l'on dit que cela eſt ainſi ; nous avouerons que nous n'avons pas aſſez de pénétration pour le comprendre ; & il n'eſt pas probable que le même mouvement, qui n'eſt qu'une modification d'un corps, puiſſe devenir la modification d'un autre corps. Si l'on dit que lorſqu'un corps en choque un

autre, l'Auteur de la nature, pour éviter que les corps ne se pénetrent, c'est-à-dire, n'occupent le même lieu, détruit une partie du mouvement dans le corps choquant, & qu'il en donne au corps choqué; pourquoi ne voudroit-on pas aussi que pour éviter la pénétration, aussi-bien que pour maintenir la loi de continuité, Dieu détruise du mouvement dans le corps choquant, avant qu'il touche immédiatement & mathématiquement le corps choqué? D'autre côté, comment connoît-on l'impénétrabilité des corps; n'est-ce pas par les phénomenes? & pourquoi ne met-on pas l'impénétrabilité des corps au rang des qualités occultes? N'est-ce pas parce que cette propriété nous est manifestée par les phénomenes? Mais les forces attractives & répulsives nous sont également connues par des phénomenes; on ne doit donc pas les mettre dans la classe des qualités occultes.

27. On auroit tort aussi de prétendre avec le savant Euler, que la force d'inertie est incompatible avec

l'attraction, & qu'un corps qui est doué de la force d'inertie, ne peut avoir en même temps la force attractive ; comme un corps qui est déjà teint d'une certaine couleur, ne peut pas avoir en même temps d'autres couleurs. Car un corps est susceptible de plusieurs forces partielles, il est susceptible de la force d'inertie, & de la force attractive ; & ces deux forces ne s'excluent pas mutuellement. En effet, un corps *A* résiste à son changement d'état par son inertie ; mais cela n'empêche pas qu'il ne puisse attirer un autre corps *B*, par la force attractive. Cela n'empêche pas non plus qu'il ne puisse être attiré par un autre corps ; parce que le corps *A* n'est pas attiré par le corps *B*, par un principe ou force intrinseque au corps *A*. Supposons un corps *A* en mouvement ou en repos, l'inertie empêche-t-elle qu'on ne puisse le tirer par l'action d'une cause extrinseque, d'une corde, par exemple ? Je ne crois pas que personne ose le dire. Mais un corps qui a une couleur déterminée, ne peut avoir

en même temps une couleur différente, comme cela eſt évident ; ainſi l'on ne peut comparer la force d'inertie aux couleurs des corps, ni prétendre que, comme une couleur exclut l'autre dans le même corps, la force d'inertie exclut de même la force attractive. Il faudroit pour cela que la force d'inertie fût la collection de toutes les forces que peuvent avoir les corps, ce qui n'eſt pas.

Il y a encore, il eſt vrai, beaucoup de choſes inconnues dans la loi des forces que nous admettons, comme le nombre des interſections, de la courbe des forces avec ſon axe, la forme & la grandeur des arcs, ſoit répulſifs, ſoit attractifs. Ce ſont-là des choſes qui ſurpaſſent de beaucoup les forces des plus grands génies, & dont l'Être Suprême ſemble s'être réſervé la connoiſſance. Mais cela ne détruit pas ce que nous avons déjà avancé ; & l'on ne doit pas rejetter ce qui eſt clair, à cauſe de ce qui eſt obſcur.

En comparant cette théorie avec les livres de Phyſique les plus accrédités & les plus eſtimés en France,

on conviendra ſans peine que la théorie des forces attractives & répulſives, donne une facilité admirable pour expliquer des phénomenes, dont on ne ſauroit rendre aucune raiſon ſuffiſante, en admettant l'impulſion immédiate & mathématique.

28. En vain diroit-on, que dans cette théorie des forces que nous admettons, on commet le ſaut que nous voulons éviter, & que le paſſage de l'attraction à la répulſion, ſe fait par un ſaut : ceux qui feroient une telle objection, ne comprendroient nullement en quoi conſiſte cette fameuſe loi de continuité de laquelle nous avons parlé ci-deſſus. Le ſaut que nous voulons éviter par cette théorie, conſiſte en ce que l'on paſſeroit d'une grandeur à l'autre, ſans paſſer par les quantités intermédiaires. Cela n'arrive pas dans notre théorie, ſelon laquelle, en prenant une force répulſive, ſi petite que l'on voudra, & une force attractive quelconque déterminée ; il y a toujours entr'elles toutes les forces répulſives, moindres juſqu'à zéro, où l'on a une détermination à conſerver l'état pré-

cédent de repos, ou de mouvement uniforme en ligne droite; & enſuite depuis zéro juſqu'à la force attractive déterminée, dont on vient de parler, ſuccedent des forces attractives intermédiaires. C'eſt ainſi qu'on va de la force répulſive $P\,Q$ (*fig.* 102), à la force attractive $d\,i$, en paſſant par les forces répulſives intermédiaires, qui ſe trouvent entre P & t, où la force répulſive eſt zéro; depuis t juſqu'en d, on trouve des forces attractives intermédiaires, qui empêchent le ſaut dont il eſt parlé dans l'objection. On ne doit pas dire non plus que l'on paſſe du dernier degré de répulſion au premier degré d'attraction, immédiatement & par un ſaut; car on paſſe par un degré intermédiaire zéro, dans lequel il n'y a ni attraction ni répulſion. Mais nous demanderons s'il y a un degré d'attraction, premier ou dernier, s'il y a une ordonnée $P\,Q$, ſi petite qu'elle ſoit, qui ſoit la premiere ou la derniere, ou la plus petite d'un arc répulſif? Etant donnée une force répulſive ſi petite qu'elle ſoit, étant donnée une ordonnée ſi petite qu'on voudra, il y en a tou-

jours de plus petites à l'infini, sans aucune derniere. Ainsi celui qui se représente un dernier & un premier terme dans la grandeur des lignes, dans la force, dans la vîtesse, celui-là, dis-je, ne comprend nullement en quoi consiste la loi de continuité que nous admettons dans la nature.

29. On pourra peut-être penser que notre courbe des forces (*fig.* 102) est trop compliquée, irréguliere, & composée de parties qui n'ont aucune connexion, aucun rapport entre elles. Il y a même des gens qui prétendent que l'attraction & la répulsion sont des forces de différens genres; qu'il vaut mieux n'en admettre que d'une espece, & expliquer la répulsion par une attraction moindre.

Quoique la courbe des forces soit composée de plusieurs arcs, néanmoins tous ces arcs appartiennent à une seule & même courbe, dont la nature dépend du rapport qu'il y a entre les ordonnées & les abscisses. Quant à ce qui regarde la répulsion & l'attraction, en admettant que ces forces soient de différens genres, on

ne peut pas conclure qu'elles n'ont pas lieu dans la nature, puiſque les phénomenes démontrent leur exiſtence. Mais il n'eſt pas plus facile de prononcer que l'attraction & la répulſion appartiennent à différens genres de forces, que de faire voir que le mouvement vers le midi, & le mouvement vers le nord, ſont de genres différens. Les quantités négatives & poſitives étant du même genre, & les attractions & les répulſions pouvant être regardées comme des quantités, dont les unes ſont poſitives & les autres négatives, on doit conclure que la répulſion & l'attraction ſont des forces du même genre.

30. Nous avons dit ci-deſſus que les globes homogenes, & dont les parties s'attirent en raiſon renverſée des quarrés des diſtances, s'attirent auſſi dans le même rapport inverſe des quarrés des diſtances entre leurs centres. C'eſt à cauſe de cette perfection ou de cette propriété, que le ſavant Maupertuis a penſé que l'Architecte du monde avoit choiſi cette loi de préférence à toute autre.

Mais quand il eſt queſtion des loix

de la nature, les causes finales ne peuvent pas être d'un grand secours. Quel est le mortel qui connoît toutes les fins que l'Être suprême a pu se proposer en créant cet univers visible ? D'ailleurs cette loi, par l'effet de laquelle les globes s'attireroient en raison inverse des quarrés des distances qu'il y a entre leurs centres, n'est d'aucun usage dans la nature ; puisqu'il n'y a aucun globe parfait dans le monde. La terre est hérissée de montagnes, son tissu est composé de couches de différentes natures, qui n'ont pas par-tout la même densité & la même épaisseur ; & l'on peut conclure par analogie, que la même chose a lieu dans les planetes & les cometes. On sait aussi que la terre, jupiter, & toutes les planetes qui tournent sur un axe, doivent être un peu applaties ; ainsi cette détermination des Géometres ne peut avoir lieu exactement pour les corps célestes, en supposant même que les élémens de la matiere s'attirent selon la loi qu'admet Maupertuis.

31. Mais pourquoi les montagnes

&

& les édifices n'attirent-ils pas les corpuſcules qui voltigent dans l'air ? Cela vient de ce que l'attraction de la terre eſt ſi grande, reſpectivement à celle des plus hautes montagnes, qu'il eſt bien difficile de s'appercevoir des effets de celle-ci. (Voyez ce que nous avons dit ſur l'attraction, dans nos Inſtitutions Mathématiques, troiſieme édition) (1).

(1) Différens Phyſiciens, ayant fait pluſieurs expériences en ſuſpendant des poids à des cordes attachées au bras d'une balance pour les mettre en équilibre avec d'autres poids placés dans le plat de l'autre bras, ont trouvé, ayant égard au poids de la corde, que la peſanteur des premiers poids étoit moins conſidérable que celle des autres; mais les réſultats ne s'accordent pas entr'eux. Bien plus, en ſuſpendant les poids à un fil de fer, M. l'Abbé Rozier, Auteur d'un Journal de Phyſique très-inſtructif, a trouvé une fois l'excès de peſanteur dans le poids inférieur. MM. de Morveau, Dumorey, Maret, Gauthey & Durande, ayant fait pluſieurs expériences relatives à cette queſtion, ont préſenté dans le mois de Janvier 1775, un Mémoire, dans lequel, ayant fait remarquer que l'air peut varier de denſité & de peſanteur, par la chaleur ou le froid, de maniere qu'il peut être plus rare auprès de la terre qu'à une certaine hauteur; ils ont

32. La théorie que nous venons de développer dans ce chapitre, paroît être la véritable clef de la Physique & de la Chymie. Nous nous

---

conclu de leurs expériences, qu'ils se trouve quelquefois une augmentation apparente de poids dans les corps, lorsqu'on les éloigne de la surface de la terre; mais eette augmentation est proportionnelle aux volumes des corps pesés, & non à leurs masses : elle dépend donc de la densité de l'air, qui est ordinairement plus considérable dans le bas que dans le haut; si la couche inférieure étoit charéfiée jusqu'à un certain point par la chaleur, ou la couche supérieure plus imprégnée de vapeurs aqueuses, il pourroit alors arriver que le corps augmentât sensiblement de pesanteur en s'approchant de la surface de la terre. Lorsqu'on veut faire ces sortes d'expériences, il faut employer des corps volumineux tels que le bois, le liege, &c.: Les instrumens ordinaires ne sont pas assez justes pour donner une différence sensible, lorsque les corps pesés sont de métal. Voyez les Observations Physiques de M. l'Abbé Rozier, tome 5, Avril 1775.

La raison que M. de Buffon donne dans le premier volume de son Supplément à l'Histoire Naturelle (pag. 156), pour prouver que la loi de l'attraction, (car ce Savant ne parle pas de la répulsion,) ne peut être exprimée par une formule algébrique qui contiendroit deux termes; c'est parce qu'alors,

contenterons pour le préſent, d'en faire quelques applications, nous réſervant d'en faire voir l'uſage dans différentes queſtions que nous traiterons dans la ſuite.

---

dans preſque tous les cas, les valeurs de l'inconnue qui exprimeroit la diſtance, ſeroient différentes, quoique la quantité d'attraction fût la même, & que dans le contact, l'attraction ſeroit infinie; mais ces raiſons ne prouvent rien contre notre Théorie. De plus, dans la ſuppoſition même que la gravitation ſuivît la loi renverſée du quarré de la diſtance, comme le prétend ce Philoſophe, elle ſeroit infinie dans le contact mathématique, puiſque la formule $\frac{1}{xx}$ eſt évidemment infinie, lorſque x eſt $= 0$, ainſi que le ſavent tous les Mathématiciens. On ſeroit cependant tenté de penſer que ce Savant n'a pas fait cette attention. Quoi qu'il en ſoit, les Géometres n'auront aucune peine à concevoir qu'on peut exprimer la loi des Forces Phyſiques par une courbe telle qu'à chaque abciſſe il réponde une ſeule ordonnée; & ils n'ignorent pas qu'étant donnés tant de points que l'on voudra ſitués ſur un même plan, on peut trouver une courbe qui paſſe par tous ces points, & que ſa nature peut être exprimée par une équation qui peut contenir plus ou moins de termes, comme 10, 20, 30, &c. ſi nous écrivions pour des Savans verſés dans l'analyſe, nous indiquerions ici la méthode qu'il faut ſuivre pour trouver l'équation

Les eaux raréfiées par la chaleur du ſoleil, s'élevent en forme de vapeurs juſqu'à la région ſupérieure de l'athmoſphere, & elles ne s'arrêtent que quand elles ſont parvenues à un air de même denſité & de même peſanteur; là elles compoſent des nuages qui prennent mille figures bizarres. Bientôt, par différentes cauſes, par l'action des vents, du froid qui condenſe ces vapeurs, & leur fait occuper un moindre eſpace, elles perdent leur forme, ſe réuniſſent en gouttes ou en flocons de neige, & retombent ſur la terre, ſous la forme de pluie, de roſée, de neige ou de grele, La plus grande partie de la pluie coule des montagnes, & des lieux élevés, dans les rivieres & les fleuves, qui la tranſportent à la mer où elle ſe transforme de nouveau en vapeurs; une partie s'inſinue dans la terre, & delà dans les ſemences & les raci-

---

d'une courbe ſemblable à celle dont nous nous ſommes ſervis pour donner une idée de la loi des forces à des lecteurs, dont le grand nombre ne s'eſt pas occupé d'une ſcience que peu de gens ont approfondie.

nes des plantes. La même eau entre dans la compoſition de corps bien différens : une partie paſſe dans le corps d'une plante, l'autre partie ſert à la compoſition des feuilles, du fruit, des fleurs. La même eau ſert à former le chêne, le ſapin & le pin, arbres ſi utiles à la navigation ; le hêtre, les ormes, le cedre, l'érable, le tilleul, qui eſt l'ornement des promenades publiques, & toutes les eſpeces d'arbres qu'on voit ſur la ſurface de la terre. Dans la même plante, la même pluie entre dans la compoſition de parties bien différentes. La forme de la racine du lin, par exemple, differe beaucoup du corps de la plante. Les ouvriers ſéparent la membrane qui recouvre la tige ; & après l'avoir travaillée de mille manieres, ils en tordent les fibres en de longs fils, dont on fait différentes toiles ſi utiles aux hommes. Ces toiles devenues inutiles par un long uſage, ſont miſes dans l'eau, & battues avec des marteaux de bois, juſqu'à ce que reduites à une eſpece de pulpe, on en puiſſe faire du papier : ce pa-

pier étant jetté dans le feu, une partie se change en une poussiere subtile, tandis que l'autre se dissipe en fumée. Tels sont les effets admirables qui résultent du changement de situation, des forces attractives & répulsives dans les parties de la matiere.

33. Parcourons rapidement les divers changemens de la nature, selon les différentes températures du ciel. Toutes les parties de notre globe changent continuellement de situation par rapport au soleil, reçoivent ses rayons tantôt plus, tantôt moins obliques, tantôt plus, tantôt moins long-temps; ce qui fait que presque toute la nature change alternativement de face. En automne les moissons se dessechent, les fruits mûrissent, les campagnes se dépouillent peu à peu de leur agréable verdure, & les arbres de leurs feuillages, qui garantissoient les troupeaux & les hommes des ardeurs de la canicule. En hiver la neige & le froid engourdissent la nature, les fleuves, la mer, les lacs peuvent porter des fardeaux; & les eaux, qui auparavant n'étoient

accessibles qu'aux vaisseaux, portent des camps & des armées. A cette triste saison, succede l'agréable printemps : la nature semble se dérider, les neiges disparoissent, les champs produisent de nouvelles herbes, les arbres se couvrent de feuilles, les animaux ne se plaisent plus dans leurs étables, ni le laboureur au coin de son feu :

Nec stabulis jam gaudet equus, nec arator igne.

La terre prend une face plus riante, & l'année repasse à travers les ardeurs de l'été.

Il est aisé de comprendre, que selon la figure, la masse, la force attractive, la force répulsive des particules des corps, la nature doit produire un nombre infini d'effets différens. Mais les Physiciens ne sont pas d'accord touchant la nature des premiers principes des corps. Les uns assurent que la matiere est homogene, & de même nature dans tous les corps. Les autres soutiennent que la différence des parties primitives de la matiere constitue la différence des métaux, des pierres, des arbres, &c. Mais nous

reprendrons cette question dans la suite, lorsque nous traiterons de la nature des corps, nous contentant pour le présent de rapporter une expérience dont les hommes peuvent retirer un grand avantage.

34. Le sel marin & le sel de tartre attirent puissamment les vapeurs sulphureuses, & plusieurs exhalaisons pernicieuses : cette vertu peut être d'un grand secours dans certaines occasions. Plusieurs ouvriers, comme par exemple, ceux qui s'occupent à fondre du plomb, traitent des matieres nuisibles, qui laissent évaporer des corpuscules pernicieux à la santé. Si ces ouvriers ont alors l'attention d'approcher de la bouche & des narines un linge mouillé dans une dissolution de l'un des sels dont on vient de parler, ils pourront éviter le danger de la vapeur. C'est pour la même raison qu'on conseille de se servir de vinaigre blanc, contre les exhalaisons pestilentielles. Il seroit utile à ceux qui travaillent dans les mines, & les autres lieux infectés de vapeurs mortelles, de faire usage de cette propriété du sel marin, & du

ſel de tartre, pour diminuer au moins le danger auquel ils ſont exposés.

CHAPITRE IV.

Application de la Théorie précédente, à différens Phénomenes.

35. L'IMPÉNÉTRABILITÉ *naturelle* des corps s'explique facilement dans cette théorie; car puiſque dans les petites diſtances les forces répulſives augmentent, de maniere qu'elles ſont capables d'éteindre un mouvement quelconque, aucune force finie ne peut faire évanouir la diſtance qu'il y a entre deux points matériels, ce qui ſeroit cependant néceſſaire pour la pénétration : la ſeule puiſſance divine, qui peut exercer une force infinie, peut auſſi produire cet effet. S'il n'y avoit point de forces répulſives dans la nature, une maſſe quelconque paſſeroit librement à travers une autre maſſe; car le nombre des points de l'eſpace

ſenſible, occupés par l'une quelconque de ces maſſes, étant infiniment plus grand que celui des points de ces maſſes, il eſt infiniment plus probable qu'aucun des points de l'une des maſſes ne rencontreroit un des points de l'autre maſſe, qu'il ne l'eſt que cette rencontre auroit lieu; & cela arriveroit par conſéquent ſans aucune vraie pénétration. Mais les forces répulſives empêchent cet effet. Si l'on conçoit un ſolide compoſé de différentes ſurfaces miſes les unes au deſſus des autres, de maniere que les points qui compoſent ces ſurfaces ſoient dans des limites très-fortes de cohéſion, & qu'il en ſoit de même par rapport aux points de ces mêmes ſurfaces conſidérées les unes par rapport aux autres, de maniere que les points de la ſurface ſupérieure ſoient tellement ſitués, par rapport aux points correſpondans de la ſurface ſuivante, qu'on ne puiſſe ni les éloigner ni les rapprocher ſans de très-grandes forces, ces ſurfaces quoique diſtantes les unes des autres, formeront un corps phyſique très-ſolide & très-difficile à rompre.

36. Les principes précédens servent à expliquer pourquoi la forme des herbes & des feuilles des plantes brûlées reste intacte dans les cendres. Les parties grasses & huileuses s'envolant sans déranger leur fibrilles, la nouvelle force excitée par l'action du feu, produit une très-grande vîtesse, qui empêche tout autre effet entre les cendres & les parties huileuses, qui se dissipent en passant librement entre les parties de la cendre. Cette forme de la plante, après la combustion, est sur-tout bien remarquable dans le romarin qu'on fait brûler sur une pelle de fer; car si l'on observe avec un microscope une de ses feuilles immobiles, on y découvre tous les linéamens comme si elle n'étoit pas brûlée, ce qui fournit une preuve très-forte en faveur de ceux qui soutiennent que les particules des corps ne se touchent pas; car comment accorder un si grand repos dans les parties des cendres avec les mouvemens violens & troublés des parties huileuses & combustibles, si toutes ces molécules se touchent,

& si tout mouvement se communique par le contact?

Les parties des cendres étant privées des molécules huileuses qui les unissoient & leur donnoient de la solidité, se dissipent facilement; mais elles produisent de nouveau un corps solide, si on les imbibe de nouvelle huile. Les os des animaux deviennent friables lorsqu'on les expose pendant un certain temps dans la *machine de Papin*, (qui n'est autre chose qu'une espece de marmite de cuivre, qu'on ferme exactement avec un couvercle de même matiere, après l'avoir remplie en partie d'eau, & qu'on expose ensuite à l'action du feu), & acquierent de la consistance si on les plonge dans la graisse fondue.

37. Tout le monde sait qu'une balle de fusil traverse une porte demi-ouverte, & très-mobile sur ses gonds, sans la faire tourner, ce qui vient de ce que les parties de la balle s'étant approchées des parties du bois beaucoup plus que celles-ci ne l'étoient entr'elles, emportent ces particules avec elles, & la briéveté

du temps ne permet pas aux forces qui retenoient les particules voisines du bois d'y produire un mouvement sensible. Si la vîtesse étoit encore plus grande, la balle traverseroit la porte sans y produire aucun changement sensible, & sans aucune véritable compénétration, comme la lumiere passe à travers un milieu diaphane. C'est là, peut-être, la raison pour laquelle l'Auteur de l'Univers a donné aux globules de lumiere cette vîtesse prodigieuse qui leur fait parcourir la distance du soleil à la terre, c'est-à-dire, environ 34 millions de lieues, dans l'espace d'environ un demi-quart d'heure. Si nous pouvions nous procurer une vîtesse assez considérable, nous passerions à travers les portes fermées & les murailles sans trouver aucun obstacle, & sans aucune vraie pénétration. Nous nous sommes donc formé l'idée de la solidité, parce que les forces répulsives ne permettent pas à nos mains & à nos membres de passer à travers les solides physiques, qui ne sont autre chose, dans cette théorie, qu'un assemblage

de points ſans étendue, retenus dans leurs diſtances reſpectives par les forces attractives & répulſives. Comme l'intervalle entre ces points n'eſt pas ſenſible, ils forment un continu phyſique mais non mathématique.

A l'égard de l'*étendue géométrique*, elle n'eſt autre choſe que l'eſpace pur; enſorte que la géometrie a pour objet l'étendue en longueur, en largeur & profondeur : mais cette étendue, continue, eſt bien différente du *ſolide phyſique*, qui eſt compoſé de points renfermés dans un certain eſpace, qui a néceſſairement des limites, & par conſéquent une figure. Mais la *maſſe* doit s'eſtimer par le nombre des points qui appartiennent au corps; de maniere que ſi le nombre des parties qui appartiennent au corps *A* eſt double du nombre des parties qui compoſent le corps *B*, la maſſe du premier ſera double de celle du ſecond.

La *denſité* s'eſtime par le nombre des points plus ou moins grand, contenus dans un volume donné; car ſi ſous un certain volume, un corps, par exemple, le mercure renferme

14 fois plus de points que l'eau, le premier corps sera 14 fois plus dense que lesecond.

Mais l'*inertie* des solides physiques, tire son origine de celle des points qui les composent. Quant à la *mobilité*, tous les Physiciens savent que cette propriété consiste en ce qu'un corps peut changer de lieu, & passer d'une partie de l'espace dans une autre partie de l'espace; (1) mais l'égalité de l'action & de la

(1) M. de Buffon assure, dans le tome premier de son Supplément à l'Histoire Naturelle, que des corps parfaitement inflexibles ne pourroient recevoir le mouvement; « pour le prouver, dit-il, soit un globe parfaitement dur, c'est-à-dire inflexible dans toutes ses parties, chacune de ces parties ne pourra par conséquent être rapprochée ou éloignée de la partie voisine, sans quoi cela seroit contre la supposition; donc dans un globe parfaitement dur, les parties ne peuvent recevoir aucun déplacement, aucun changement, aucune action; car si elles recevoient une action, elles auroient une réaction, les corps ne pouvant réagir qu'en agissant. Puis donc que toutes les parties prises séparément, ne peuvent recevoir aucune action, elles ne peuvent en communiquer; la partie postérieure qui est frappée la premiere, ne pourra

réaction, vient de ce que dans le choc des corps, les forces répulsives agis-

pas communiquer le mouvement à la partie antérieure, puisque cette partie postérieure qui a été supposée inflexible ne peut changer, eu égard aux autres parties; donc il seroit impossible de communiquer aucun mouvement à un corps inflexible »; d'où ce Savant conclut que tous les corps sont à ressort. Il va plus loin; car il affirme (*ibid.*, pag. 10), que toutes les parties constitutives de la matiere en général, sont à ressort parfait. Mais le ressort ne suppose-t-il pas des molécules composées de particules élémentaires, qui peuvent reprendre leur premiere situation, quand elles ont été dérangées par la compression, & cela par l'effet des loix de la nature? Et si les choses sont ainsi, le ressort ne réside pas dans les particules élémentaires, mais sensément dans les molécules qui résultent de leur assemblage. Or, le choc se fait dans les particules élémentaires; donc dans cette hypotese, la communication du mouvement seroit impossible dans toute espece de corps. Nous ajouterons que le raisonnement de ce célebre Naturaliste, quand même on n'auroit rien à lui opposer, prouve, tout au plus, que les corps ne peuvent recevoir le mouvement par un contact immédiat & mathématique, comme le prétendent les Cartésiens, aussi-bien que les Newtoniens; mais il ne combat nullement la Théorie qui enseigne qu'il n'y a aucun vrai contact dans le choc des corps.

ſent également ſur le corps choquant & ſur le corps choqué. A l'égard de la *diviſibilité* de l'étendue pure, je ne crois pas qu'on puiſſe la révoquer en doute : car ſi on diviſe l'étendue d'un pied en deux parties égales, qu'on prenne enſuite la moitié de la moitié, & ainſi de ſuite, on ne parviendra jamais à la derniere diviſion; mais s'il eſt queſtion d'un ſolide phyſique, comme le nombre des points qu'il renferme eſt fini, on ne peut dire ſans abſurdité que la matiere eſt diviſible a l'infini, à moins qu'on n'admette de l'étendue dans les points élémentaires de la matiere; ce qu'il eſt difficile d'accorder avec cette théorie, dans laquelle quand on feroit parvenu à une molécule compoſée de deux points, on pourroit bien diviſer, (du moins par la penſée), la diſtance qu'il y a entre ces points, mais non les points eux-mêmes, qui paroiſſent dans ce ſyſtême n'avoir aucune étendue. Quoi qu'il en ſoit, il ſemble que les molécules ſecondaires des corps ne ſont pas diviſibles dans leurs premiers élémens, & ne peuvent changer de

figure par l'action des agens naturels ; autrement la nature des corps qui en sont composés, seroit exposée au changement. Mais quoi qu'on ne puisse pas se flatter de parvenir jamais aux derniers élémens des corps par la division, néanmoins il est facile de faire voir qu'il y a dans les corps un nombre incroyable de parties. Quelle ne doit pas être la petitesse des molécules des métaux? Si vous faites fondre ensemble une partie d'or avec cent mille parties d'argent, & que vous preniez ensuite une petite particule de ce mêlange, il est certain que la quantité d'or que contiendra ce petit grain de mêlange, que vous pouvez prendre plus petit qu'une tête d'épingle, sera cent mille fois plus petite que la quantité d'argent que renferme cette même molécule. M. de Reaumur a trouvé, (Hist. de l'Acad. des Scienc. 1713), qu'une once d'or étendue par l'action du marteau, peut former une surface de 146 pieds quarrés, surface qui contient 52560000 parties visibles : un cylindre d'argent de 22 pouces de

longueur, de 10 lignes de diametre, & du poids de 45 marcs, peut-être aminci en le faisant passer par la filiere; de maniere que sa longueur soit de 1163520 pieds. Ce fil d'argent peut être doré, par le moyen de deux onces d'or; de maniere que la couche de ce dernier métal qui recouvre le fil, ne peut avoir une épaisseur plus grande que la 262500$^{eme.}$ partie d'une ligne, qui n'est elle-même que la 12$^{eme.}$ partie d'un pouce. Les fils que l'araignée produit, quoique beaucoup plus fins que ceux du ver à soie, sont composés au moins de six mille autres fils, au témoignage de Reaumur. Un fil tel qu'il sort du ver à soie, de 360 pieds de longueur, ne pese qu'un grain : le pouce peut se diviser en 600 parties visibles, & égales à l'épaisseur d'un mince cheveu d'homme; ainsi ce poids d'un grain peut être divisé en 2592000 parties visibles à l'œil simple. Si l'on fait dissoudre le poids d'un grain de carmin dans 10 pintes d'eau mesure de Paris, tout le volume d'eau en pa-

roît ſenſiblement teint. Or, dix pintes d'eau peſent 184320 grains; & ſi on ſuppoſe qu'il faille ſeulement dix parties de carmin pour colorer un grain d'eau, on trouvera que le grain de carmin a été diviſé en 1843200 parties, ce qui paroît bien étonnant. Il y a encore une plus grande ſubtilité dans les humeurs de ces animalcules microſcopiques, qui par le moyen des meilleurs microſcopes ne paroiſſent que ſous la forme d'un point blanc, & dont pluſieurs mille nagent dans une ſeule goutte d'eau avec la même liberté que les poiſſons dans la mer. Cependant ces animalcules ont des organes, des nerfs, des arteres, des humeurs & une eſpece de ſang, dont les globules doivent être bien petits.

Pluſieurs corps, tels que le muſc, peuvent, ſans perdre aucune partie ſenſible de leur poids, fournir pendant fort long-temps une odeur très-remarquable, qui ſe répand dans de grands eſpaces. Que dirons-nous des particules qui compoſent la fumée du bois qu'on brûle, & celle des mé-

taux qu'on expoſe au foyer des miroirs brûlans ? Quelle ne doit pas être la petiteſſe des globules de lumiere, pour traverſer ſi facilement les diamans les plus durs ? La 14$^{eme.}$ partie d'un grain de cire qui ſe conſume dans une ſeconde, dans une chandelle des ſix à la livre, fournit plus de globules de lumiere, qu'il ne pourroit y avoir de grains de ſable viſibles dans 1000 000 000 000 globes, dont chacun ſeroit égal à la terre. Cependant autant que nous pouvons le conclure, par les changemens conſtans, & les générations qui ont eu lieu pendant tant de ſiecles, il paroît que le Créateur a poſé certaines limites au-delà deſquelles les corps ne peuvent plus ſe diviſer par l'action des agens naturels.

L'eau ſe réſoud en vapeurs, ſouvent inviſibles, par l'action du feu & celle du ſoleil ; le froid la durcit, & en forme un corps ſolide. Mais ces vapeurs & la glace forment de nouveau une eau qui a la même fluidité. La chaleur véhémente d'un miroir ardent change les métaux en fumée & en verre, mais elle ne produit

autre chose. Les sels se changent en esprits très-subtils, qui étant ensuite joints aux autres principes, peuvent régénérer les sels qui les ont engendrés. La fermentation divise en très-petites parties, le bois & les plantes; mais ces matieres putréfiées fournissent la nourriture à d'autres plantes, qui à leur tour serviront à en former d'autres.

Il est impossible de connoître le nombre des points qui composent un corps quelconque, & la quantité des petits intervalles ou *pores* qu'il y a entre ces points. Cependant, par le moyen du microscope, on découvre une quantité innombrable de pores dans les tranches des plantes & du bois, dans les lames minces de l'or, de l'argent, du cuivre, &c. presque toutes les especes de bois reçoivent l'eau dans leur substance. Si on prend un vase de bois d'une épaisseur médiocre *A C B* (*fig.* 106), qu'on le joigne avec de la cire ou quelqu'autre gluten, à un vase cylindrique de verre *D F G E*, & qu'ensuite on pompe l'air de ce vase par le moyen de la machine de Boyle, l'eau

& le mercure qu'on aura mis dans le vase, étant pressés par l'action de l'air externe, traverseront les pores du bois, & tomberont en forme de rosée ou de pluie. D'autre côté si à la place des vases de verre on applique des vases de bois sur la platine *K L M*, & qu'on pompe l'air, les vases n'adhéreront jamais avec beaucoup de force à cette platine; parce que l'air externe peut traverser leurs pores. Le mercure peut, par le moyen d'une pression médiocre, passer à travers les peaux des animaux; on sait aussi que ce fluide s'insinue facilement à travers l'or, l'argent, le plomb & l'étain. Les marbres peuvent être teints de différentes manieres, par le moyen de certaines liqueurs dans lesquelles on a fait dissoudre certaines résines; car ces liqueurs en s'insinuant dans les pores des marbres jusqu'à une assez grande profondeur, y laissent des couleurs plus ou moins vives. Qui peut ignorer aussi que le feu passe à travers tous les vases de verre, & qu'il les rend plus amples? Homberg, en faisant des expérien-

ces ſur la nature du borax, a trouvé un mixte composé de chaux vive, de ſel marin, de nitre, de ſoufre & de vinaigre diſtillé, qui pénétre le fer, comme l'eau le papier mouillé, ſans faire perdre rien de ſa ductilité à ce métal.

L'huile de vitriol reçoit entre ſes pores une certaine quantité d'eau ſans que ſon volume en ſoit augmenté ; la même choſe arrive quand on mêle de l'eſprit de vin avec une certaine quantité d'eau.

38. Mais la *gravité*, que l'immortel Newton met au rang des propriétés générales de la matiere, & qui ſuit dans les diſtances un peu conſidérables à très-peu près la raiſon renverſée des quarrés des diſtances, eſt repréſentée par l'arc *S s* (*fig.* 102), de la courbe des forces, dans lequel les ordonnées ſont à très-peu près en raiſon inverſe des quarrés des diſtances.

39. On peut, dans cette théorie, répondre facilement à l'objection qu'on fait aux partiſans de Newton, pourquoi l'attraction ne force pas les étoiles de s'approcher les unes des autres, pour ne former qu'une ſeule

&

& même masse. Plusieurs répondent que la distance entre les fixes est si considérable, que l'attraction ne sauroit produire qu'un mouvement insensible dans ces astres, auquel par conséquent on ne doit faire aucune attention. Cependant il est aisé de voir que dans un très-grand nombre de siecles, cette attraction pourroit déranger le systême de l'univers. Mais dans notre théorie, on peut supposer que l'arc de la courbe des forces, qui représente la loi de gravité, après s'être éloigné à une plus grande distance que les cometes de notre systême ne peuvent le faire, coupe de nouveau son axe de maniere que la force attractive se change en répulsive, ensuite en attractive, & ainsi de suite; ensorte que rien n'empêche de supposer que les étoiles se trouvent dans les points des limites, & qu'elles ne peuvent ni s'approcher, ni s'éloigner naturellement les unes des autres.

40. La *cohésion* s'explique facilement dans cette théorie, par les limites dans lesquelles on peut supposer placées les particules qui com-

posent les corps. Mais pourquoi les parties séparées d'un bâton, venant ensuite à être appliquées l'une contre l'autre, n'acquierent-elles pas la même cohésion qu'elles avoient auparavant? Les Newtoniens répondent que les aspérités des parties brisées, qui ont été un peu dérangées, empêchent que le contact ne soit le même qu'auparavant. Cependant si les deux surfaces sont fort polies, on sent d'abord une grande résistance; mais quand elles ont été assez comprimées l'une contre l'autre, elles adherent ensemble avec une force beaucoup plus considérable que le poids de l'air comprimant; parce qu'avant de parvenir à ce contact, il y a une grande force répulsive, que Newton lui-même a reconnu exister à quelque distance du contact, quoique très-petite. A cette force répulsive, disent-ils, succede une force attractive dans les distances encore moindres, & elle devient très-grande dans le contact; & parce que dans les marbres polis on obtient beaucoup de contacts en même temps, il n'est pas étonnant que

leur cohésion soit considérable. Dans la théorie dont il est ici question, l'on peut dire que plusieurs particules des surfaces séparées, ont avancé au-delà des limites qu'elles avoient auparavant ; de maniere qu'elles exercent maintenant une répulsion qui empêche que les autres ne se rappochent jusqu'aux limites qu'elles avoient avant la division. Mais dans les marbres polis, quoique les anciennes limites de cohésion n'ayent pas lieu, néanmoins il y a plusieurs particules qui sont dans des limites, foibles à la vérité, de cohésion ; c'est la cause qui s'oppose à leur séparation perpendiculaire ; quoique la résistance de l'air puisse aussi contribuer à ce phénomene : mais quand on fait gliss r deux pieces de marbre polies l'une sur l autre, on sent seulement les forces attractives des bords des surfaces, & non des surfaces totales. Lorsque les marbres se sont formés, les parties insensibles se sont approchées peu à peu les unes les autres par l'action des forces qui ont endurci le marbre ; mais dans l'état

actuel, avec quelque ſoin qu'on poliſſe les corps, on ne peut ſe flatter d'enlever toutes les aſpérités & les éminences qui empêchent que les ſurfaces parviennent à des fortes limites de cohéſion. On peut facilement expliquer pourquoi un corps quelconque, un globe, par exemple, ſe briſe ſi on le charge d'un trop grand poids. Si l'action du poids comprimant l'emporte ſur la force qui retient les particules dans les limites de cohéſion, ces particules doivent s'éloigner, & le corps ſe rompre. Mais on auroit tort de penſer que toutes les parties d'un même corps ont une égale ſolidité ; car rien n'empêche de ſuppoſer qu'il y a dans les ſolides phyſiques des molécules de différens genres. Les premieres, ſont compoſées de points ſimples phyſiques ; les ſecondes, ſont compoſées d'un certain nombre des premieres ; celles du troiſieme ordre, ſont formées de l'aſſemblage d'un certain nombre de molécules du deuxieme genre, & ainſi de ſuite. C'eſt pourquoi les molécules du pre-

mier genre seront plus solides que celles du second ordre ; & celles-ci beaucoup plus que celles du troisieme genre ; &c. Ceci fait voir qu'il peut y avoir des particules qui s'attirent les unes les autres, d'autres qui se repoussent mutellement, comme nous l'avons vu ci-dessus, en considérant ce qui se passe, par rapport à trois points que rien n'empêchoit de regarder comme composés des particules de différens ordres. Mais si deux particules de matiere forment des assemblages de points tellement situés, qu'en les approchant l'une de l'autre, les répulsions & les attractions se compensent, ces particules ne s'approcheront, ni ne s'éloigneront l'une de l'autre. Bien plus, il peut y avoir des endroits sur la surface d'une particule, même sphérique, qui attirent une autre particule, d'autres qui la repoussent, & des troisiemes qui ne la repoussent ni ne l'attirent ; parce qu'il peut y avoir dans ces lieux plus de points ou moins de points que dans d'autres : & ces points physiques peuvent être placés

à différentes diſtances du centre & entr'eux.

41. Les *corps ſolides* ſont compoſés des parties unies, de maniere que ſi l'on en pouſſe quelques-unes d'un certain côté, les autres ſuivent. Les *corps roides*, ſont ceux dont la figure ne peut être changée qu'en employant une grande force; mais les *corps flexibles*, comme les verges élaſtiques, n'oppoſent pas une grande réſiſtance à leur flexion. Les fluides ne ſont pas entierement privés de forces répulſives ou attractives. Tout le monde connoît la grande force répulſive de l'air, qui réſiſte à la compreſſion en raiſon de ſa denſité; d'autres fluides, comme l'eau & le mercure, ont une grande force attractive; cependant leurs molécules un peu conſidérables ſe ſéparent facilement les unes des autres. Dans les poudres & les ſables il n'y a aucune force ſenſible, ni répulſive, ni attractive, parce que les forces attractives & répulſives ſe compenſent mutuellement. A l'égard du mercure & de l'eau, on ne peut douter

des forces attractives qui lient leurs molécules les unes avec les autres : mais dans les fluides élastiques, tels que l'air, les particules qui les composént se trouvent sans doute hors des limites, & sous des arcs répulsifs. Et parce que dans ce fluide la force répulsive augmente sensiblement à raison de la proximité des parties ; on doit conclure que les ordonnées des arcs répulsifs sous lesquels se trouvent ses particules, augmentent dans le même rapport. Dans les fluides humides, les particules se trouvent dans des limites de cohésion assez fortes ; mais il y a tout auprès un arc répulsif qui coupe la courbe des forces presque à angle droit. C'est la raison pour laquelle l'eau réduite en vapeur a une si grande force répulsive (1).

(1) « Pour se former, (dit M. l'Abbé Richard, Hist. nat. de l'Air & des Météores, tome 1, page 16 - 17), une idée générale de la maniere dont les particules élémentaires entrent dans la composition des corps, on peut imaginer que les particules qui se touchent sous des grandes surfaces, & sont fortement comprimées les unes sur les autres,

42. Si les forces de part & d'autre des limites dans lesquelles se trou-

---

composent un corps fort dur : si elles ne sont pas si solidement unies, ni si exactement entrelassées, le corps sera cassant : si elles se touchent par des moindres surfaces, le corps ne sera pas si dur, & cependant pourra être plus solide ; si elles ne font que s'approcher sans glisser les unes sous les autres, le corps est élastique & propre à reprendre sa premiere forme après les chocs les plus violens : si elles glissent les unes sous les autres, le corps est mou, cede & s'affaisse sous le poids où le choc qui le comprime : si elles ne font que se toucher, le corps est friable, & tel que les parties peuvent aisément se séparer : si elles ont des surfaces inégales & sont accrochées & entrelassées les unes dans les autres, le corps est flexible & pliant; enfin si elles sont petites, rondes ou glissantes, si elles reçoivent aisément l'impression de la chaleur, le corps est fluide ». Cet Auteur célebre n'a pas jugé à propos d'entrer dans le détail des preuves ; il s'est contenté de regarder ces propositions comme certaines. « Quelque abstraites (dit - il page 18), que paroissent d'abord ces considérations diverses, cependant on peut les regarder comme des points démontrés & des découvertes certaines ». Nous souhaiterions que ce Savant eût bien voulu indiquer les livres dans lesquels se trouvent ces belles démonstrations ; ils ne sont pas venus à notre connoissance.

vent les particules d'un corps, restent sensiblement les mêmes pendant un certain espace au-delà de ces limites, & qu'on fléchisse ce corps; dès que la force fléchissante cessera d'agir, il reprendra son premier état, comme il arrive aux corps élastiques. Desaguillers pense que les parties intégrantes des corps à ressort sont de telle nature, qu'elles ont deux especes de poles de forces opposées qui les repoussent lorsque la compression change leur situation naturelle. Mais, dans notre théorie, il est facile de comprendre comment les parties des corps élastiques situées dans des limites de cohésion plus ou moins fortes, sont repoussées lorsqu'on les rapproche par la compression, ou quand on les éloigne l'une de l'autre en allongeant ces corps, comme cela arrive dans les cordes élastiques qui reprennent leur premier état, lorsque la force qui les allongeoit, cesse d'agir. Il n'est pas non plus difficile de comprendre pourquoi certains fluides, comme l'air, par exemple, sont très-élastiques; car leurs molécules étant placées dans des limites de cohésion

très-fortes, ou même sous des arcs répulsifs très-considérables, elles doivent se repousser, & reprendre leur premiere situation aussi-tôt que la force comprimante cesse d'agir. Le feu éteint l'élasticité d'un ressort d'acier; parce qu'en communiquant de nouveaux mouvemens aux molécules du ressort, il les déplace & les fait passer dans de nouvelles limites. Une longue situation diminue ou éteint souvent l'élasticité de plusieurs corps, parce que certaines parties s'évaporant, & d'autres qui viennent de l'air, pénétrant peu à peu dans la substance du corps, il en résulte de nouvelles combinaisons de forces. De même certains corps pourront acquérir de l'élasticité, si leurs parties passent dans certaines limites de cohésion; ce qui peut arriver par l'évaporation d'une humidité superflue, quelquefois aussi par l'accession d'un autre fluide comme l'huile, par exemple.

43. On ne sauroit attribuer la cause de l'élasticité à la pression de l'air, puisque les corps conservent leur ressort dans le vuide de Boyle, ni à la matiere subtile des Cartésiens,

qui n'a jamais exiſté que dans l'imagination de ces Philoſophes, ni à l'attraction ſeule; puiſque dans les fluides élaſtiques comprimés, les parties qui compoſent leurs molécules étant plus rapprochées, devroient s'attirer avec plus de force; car dans l'opinion des Philoſophes, qui admettent une telle explication, l'attraction augmente quand les diſtances diminuent.

Si les forces s'étendent à une certaine diſtance, ou s'il y a dans cet intervalle un grand nombre de limites, on pourra fléchir le corps ſans le rompre; on pourra même l'allonger ſans le rompre, comme cela arrive au plomb, à l'or & à l'argent.

A l'égard des corps *viſqueux*, outre la grande tenacité qui lie leurs particules, entr'elles, ils ont encore la propriété de s'attacher aux autres corps; parce que leurs molécules peuvent facilement parvenir aux limites de cohéſion avec celles des ſolides, auxquels elles s'attachent.

44. Les Phyſiciens admirent la

diſpoſition qu'ont certains corps, par exemple la glace, les petites étoiles que forme la neige, à certaines figures : cette diſpoſition eſt ſurtout remarquable dans les ſucs qui forment les pierres précieuſes, & dans les parties organiques des végétaux & des animaux. Il eſt facile de rendre raiſon de ce phénomene : car ſi les molécules attirent d'autres molécules par certains points de leurs ſurfaces, tandis qu'elles les repouſſent par d'autres points ; il eſt aiſé de concevoir pourquoi les particules ſecondaires qui forment les corps ſenſibles, ſe diſpoſent dans un certain ordre, en ſe préſentant les points dans leſquels elles s'attirent, & s'arrangeant de maniere qu'elles puiſſent acquérir des fortes limites de cohéſion : ce qui fait qu'elles ne peuvent former que certaines figures. Et parce que la même molécule qui attire par un de ſes points la molécule *A*, repouſſe, à cauſe de la diſpoſition des points dont elle eſt compoſée, la molécule *B* ; lorſqu'un fluide compoſé de pluſieurs particules différentes, vient à paſſer tout

auprès, celles-là seules s'arrêteront, qui pourront être attirées, & acquérir de fortes limites de cohésion.

Cette remarque fournit facilement l'explication des sécrétions, de la nutrition & de la végétation. Lorsque les particules des alimens convertis en chyle, & ensuite en sang, en *serum* & en lymphe, circulent dans nos vaisseaux, celles qui passent auprès des cavités produites par la dissipation de quelque particule, sont attirées ou repoussées, déterminées à s'arrêter pour remplir la cavité, ou à passer outre, selon que les molécules voisines ont des forces suffisantes ou insuffisantes pour les arrêter; ce qui dépend de leur figure, de l'arrangement des points qui les composent, de la distance à laquelle elles passent, & de leur mouvement.

45. Pour déterminer la résistance & l'action des fluides, il faudroit connoître exactement la Loi des forces, le nombre & la disposition des points physiques qui forment les fluides, & avoir à sa disposition une Géometrie & une analyse bien supérieure à celle

que nous connoiſſons. Cependant, pour dire quelque choſe ſur une queſtion qui paroît ſurpaſſer les forces de l'eſprit humain, nous remarquerons, 1°. que la réſiſtance vient du mouvement qu'on imprime aux molécules du fluide. 2°. Qu'il y a une autre réſiſtance qui doit ſon origine aux forces que les particules exercent les unes ſur les autres, lorſque l'une s'approche de l'autre, en ſortant des limites dans leſquelles elles étoient en équilibre; or ces molécules acquierent des mouvemens très-différens; elles tournent, elles pouſſent les autres, & dans les fluides élaſtiques, ſur-tout, du moins lorſque la vîteſſe n'eſt pas bien conſidérable, celles qui ſont parderriere, agiſſent ſur le mobile, tandis que celles qui ſont pardevant s'acumulent, & retardent ſon mouvement. Dans les fluides viſqueux, ces molécules s'amoncelent pardevant le mobile & à côté, ce qui produit une réſiſtance, qui eſt en partie comme le temps, & qui vient uniquement de la tenacité, (Voyez ſection précédente, n° 30), & qui dépend en

partie de la vîteſſe ; puiſque plus la vîteſſe eſt grande, plus à proportion il faut mouvoir de parties accumulées. Or, il eſt impoſſible de ſoumettre toutes ces choſes au calcul. Le Grand Newton a voulu déterminer la loi que ſuit la réſiſtance des fluides par des expériences ; mais elles ne s'accordent pas parfaitement avec aucune théorie connue.

46. Si les limites dans leſquelles ſe trouvent les particules d'un corps ſe ſuccedent en aſſez grand nombre dans un certain intervalle ; lorſque par une force extérieure on aura comprimé ou allongé une maſſe en tranſportant les particules d'une limite de cohéſion à une autre, elles y reſteront en équilibre, ſans faire aucun effort pour reprendre leur ancienne ſituation : voilà ce qui arrive dans les corps mous. Mais ſi les limites ſont aſſez écartées, de maniere qu'en diminuant la diſtance, la force répulſive ſuccede à l'attractive, tandis que la force attractive augmente avec la diſtance, il eſt viſible que ſi l'on comprime un corps, ou ſi l'on fait effort

pour l'allonger, il se rétablira dans son premier état, & les parties recouvreront leur ancienne situation, dans le premier cas par l'action de la force répulsive, & dans le second par la force attractive. A l'égard des corps *ductiles*, ils ne different des corps mous, que parce qu'ils retiennent leur figure avec plus de force; car les corps mous changent facilement de figure, au lieu que les corps ductiles comme les métaux, non seulement changent de figure par l'action du marteau, mais ils retiennent avec force celle qu'on leur a donnée, parce que leurs molécules se trouvent dans des fortes limites de cohésion.

47. La terre, l'eau, l'air & le feu, qu'on appelle vulgairement les *quatre élémens*, ne sont autre chose que des corps composés de points homogenes différemment disposés, des molécules desquelles on peut former ensuite différens mêlanges & différens corps. Certains corps sont dissolubles par l'eau, comme le sucre, par exemple; parce que leurs particules attirent celles de l'eau avec plus de for-

ce que celles-ci ne s'attirent entr'elles; c'eſt pourquoi les particules d'eau prenant la place des molécules ſéparées du corps ſolide, celles-ci doivent nager dans le fluide: telle eſt la cauſe de la diſſolution. C'eſt ainſi que l'eau régale, (qui eſt un mixte formé par le mêlange de l'acide marin avec l'acide nitreux), diſſout l'or, mais non pas l'argent, tandis que l'eau-forte ou l'acide nitreux diſſout l'argent & non pas l'or.

Les *infuſions* dépendent des mêmes cauſes; car ſi un corps eſt compoſé de parties de différentes natures, un certain menſtrue pourra diſſoudre les parties d'une certaine eſpece, & n'avoir aucune priſe ſur celles d'une autre eſpece. Ainſi l'eau tire du bois de Bréſil un certain ſuc caché entre ſes fibres; & cet effet eſt plus prompt, ſi l'eau eſt chaude: en faiſant bouillir dans l'eau la racine de bardane, on en tire une belle couleur verte. L'eau diſſout les parties gommeuſes des corps, tandis que l'eſprit de vin peut diſſoudre les réſines; mais il n'a aucune action ſur les gommes. L'eſprit volatil de ſel ammoniac préparé avec la chaux & verſé ſur la coëne pleurétique dans

un vaſe expoſé à une chaleur de 25 degrés, l'a parfaitement diſſoute au bout de 3 heures. D'où il paroît que le véritable menſtrue de la coëne phlogiſtique eſt un alkali volatil; ce qui confirme l'analogie de cette membrane avec les polypes qu'on dit être ſolubles par le ſel volatil des urines. Lorſqu'on veut diſſoudre un ſuc en partie gommeux, en partie réſineux, il faut employer un diſſolvant qui ſoit en partie aqueux, en partie ſpiritueux, tel que le vin & l'eau-de-vie ordinaire. Mais ſi on jette dans un fluide ainſi chargé de molécules qu'il vient de diſſoudre, une autre ſubſtance dont les molécules attirent celles du fluide avec plus de force, & peut-être même à de plus grandes diſtances que ne peuvent le faire les particules du premier corps, cette ſeconde ſubſtance ſera diſſoute, & les particules du fluide quitteront celles du premier corps pour s'attacher à celles du ſecond; ainſi les molécules du premier corps tomberont par leur poids naturel au fond du vaſe à travers le fluide ſpécifiquement plus léger, & l'on aura ce que l'on appelle une

précipitation. Si l'on jette une lame de cuivre dans une diſſolution d'argent faite par l'eau-forte, l'argent ſe précipitera ſous la forme d'une poudre, & le cuivre ſe diſſoudra : ſi enſuite on met du fer dans la diſſotion, les particules du cuivre abandonneront *le diſſolvant* ou le *menſtrue*, & tomberont au fond du vaſe; de même le fer ſera précipité par le zinc qui lui-même ſera précipité par les pierres d'écreviſſe, (qu'on appelle improprement des yeux d'écreviſſe); celles-ci ſeront précipitées par l'eſprit d'urine, qui ſera précipité par une liqueur d'alkali fixe. Si on met une lame de cuivre polie dans une diſſolution d'argent faite par l'eſprit de nitre, avec 20 fois autant d'eau diſtillée de pluie, on voit avec le microſcope, le mouvement des particules d'argent qui ſe portent avec violence vers le cuivre; enſorte que le cuivre attire l'acide nitreux avec plus de force que l'argent, dont les molécules ne pouvant paſſer à travers les pores du cuivre avec l'acide, forment une eſpece de gaîne argentée, qui entoure la lame dont nous

venons de parler. Voyez Boerhave, troisieme partie des Opérations Chymiques.

Il est facile de comprendre dans cette théorie comment on peut mêler deux corps de différente nature, comme l'eau & le vin, & comment en mêlant deux substances différentes, on peut obtenir une masse dont le volume ne soit pas égal à la somme des volumes des substances mêlées. Les particules des corps ne se touchant pas immédiatement, elles peuvent par l'interposition d'autres parties, s'approcher beaucoup plus qu'elles ne faisoient auparavant, & former un volume plus petit que ne l'étoit la somme des des deux masses.

48. Si par l'interposition & l'agitation du fluide igné, les particules d'un corps, de l'or, par exemple, changent leurs distances de maniere qu'une particule ait des petits mouvemens d'oscillation autour d'une ligne qui joint deux autres particules, ou bien si deux particules égales ou deux points physiques tournent autour d'un point mathématique, placé au milieu de la ligne qui les joint, à peu près de la

maniere dont on l'a expliqué ci-dessus (24), ce corps deviendra fluide; mais si la force qui causoit l'agitation, vient à cesser, ce corps pourra redevenir solide; ce mouvement d'oscillation pourra cesser, soit par l'inégalité qu'il y a entre les forces de différens points d'une même molécule, soit par l'expulsion de la matiere ignée & la résistance du milieu ambiant. De même, en dépurant certains corps, c'est-à-dire, en leur ôtant les parties hétérogenes & difformes qui empêchoient le mouvement de leurs molécules, on pourra les rendre plus liquides. Ainsi il y a moins de viscosité dans la pétrole que dans le bitume; & la Chymie fait voir que dans ces substances, la viscosité est d'autant plus grande qu'elles sont plus composées. L'esprit de vin étheré, qui n'est autre chose que l'alkool rectifié, est plus fluide que ce dernier; l'alkool est plus fluide que l'esprit de vin ordinaire, qui est lui-même plus fluide que l'eau, laquelle est plus fluide que le vin. Il paroît que la figure sphérique qui permet aux molécules de tourner librement les unes autour des autres, contribue

beaucoup à la fluidité. Si un corps solide & assez homogene, tel que la cire, les métaux, vient à être liquéfié par la violence & l'action du fluide igné, il reprendra sa premiere consistance par la cessation de l'action qui l'avoit rendu fluide; mais s'il est composé de parties très-hétérogenes, comme les pierres & le bois, & exposé à un feu violent, les particules qui unissoient les molécules entre lesquelles elles étoient interposées, se volatiliseront, & il ne restera que des cendres dont les parties ne s'attireront ni ne se repousseront. La même chose arrive au plomb, à l'étain, &c. lorsqu'on les expose à un feu trop actif.

L'interposition de certaines particules peut rendre fixe un corps très-fluide; car on sait, par les expériences de Halles, que l'air qui se trouve renfermé dans certains corps, tels que les calculs des reins, dans lesquels il est plusieurs centaines de fois plus dense que dans son état ordinaire, perd son élasticité naturelle; autrement il briseroit en un moment les cellules dans lesquelles il est si con-

denſé, & il ſeroit impoſſible de l'y retenir. Le mouvement qu'on obſerve dans les fluides qui diſſolvent les ſels ou d'autres corps ſolides, ne paroît pas venir de la cauſe de la fluidité; puiſqu'il ne naît que d'un mêlange qui trouble l'équilibre qu'il y avoit entre les forces par leſquelles les particules fluides agiſſoient les unes ſur les autres; c'eſt pourquoi on ne peut attribuer un mouvement particulier aux parties des fluides: ce qui paroît encore confirmé par les obſervations qui nous apprennent que certains fluides qui ſe mêlent d'ailleurs facilement, reſtent ſéparés pendant des années entieres, ſi on les verſe l'un ſur l'autre avec précaution; phénomene qui n'auroit pas lieu, ſi les fluides étoient agités par un mouvement interne, On ne peut donc admettre dans les fluides tranquilles qu'un petit mouvement dans leurs molécules, par lequel elles ne changent pas leurs diſtances d'une quantité aſſignable, ou une eſpece de frémiſſement & d'oſcillation qui ſe trouve dans les particules mêmes des corps ſolides, qui, changeant conti-

nuellement de distance par rapport aux autres corps de cet univers, doivent éprouver des forces attractives ou répulsives qui les agitent continuellement. Le mouvement que l'action du feu peut exciter dans les molécules des métaux liquéfiés, est encore peu considérable, & ne peut produire tout au plus qu'une espece de tournoiement dans un espace très-petit & inassignable, sans faire changer d'une maniere sensible les distances des particules. Ce mouvement ne peut pas non plus affecter sensiblement les poussieres qu'on jette dans les fluides, parce que les points physiques dont sont composées leurs molécules, & peut-être les molécules elles-mêmes, ont par rapport aux particules des poussieres les plus fines, une masse plus petite que celle d'un grain de sable relativement à la terre. D'ailleurs ces mouvemens, tournoiemens ou oscillations qui s'exécutent dans des espaces infiniment petits, ne peuvent pas produire un mouvement local sensible, parce qu'une particule de poussiere placée entre des points physiques ainsi agités, doit rester dans

dans un repos presque parfait, l'effort qui pousse la particule dans un sens pouvant facilement être détruit par un effort semblable, qui la pousse du côté opposé. Cependant le mouvement d'oscillation ou de tournoiement, qui est plus grand dans certains fluides que dans d'autres, paroît contribuer à leur évaporation; car l'on observe que l'évaporation de l'eau est à celle de l'esprit de vin rectifié, comme 1 est à 8, quoique la fluidité de l'eau soit à celle de cet esprit de vin comme 1000 à 1098, & que la gravité spécifique du premier fluide, soit à celle du second dans le rapport de 1000 à 866

Si dans un corps devenu liquide par l'action du feu, les particules en s'écartant les unes des autres, passent dans un grand arc repulsif, elle se fuiront tout-à-coup, & le corps se volatilisera. La même chose arrivera, si les molécules d'un corps fixe sont situées dans des distances correspondantes à une répulsion très-forte, mais retenues par l'interposition des particules d'une autre substance dont les forces attractives surpassent la force répulsive

dont nous venons de parler; car ſi par l'action du feu ces particules ſont chaſſées du corps dans lequel elles étoient retenues, la force répulſive diſſipera les molécules de ce corps. Cela paroît arriver à l'air qui ſemble former un corps fixe dans les calculs qu'on trouve dans la veſſie ou dans les reins, & qui peut enſuite recouvrer ſon état volatil : on diroit même qu'il perd alors ſon élaſticité ; ce qui vient de ce que les parties interpoſées empêchent par leur attraction les effets de ſa force répulſive.

L'alternative des arcs répulſifs & attractifs de la figure 102, nous fait comprendre facilement d'où peuvent venir les évaporations, les fermentations, les déflagrations ſubites & les exploſions. Si les particules d'un corps ſont placées à des diſtances convenables, il pourra ſe faire que par l'interpoſition ſubite de quelques molécules externes, leurs points s'écartent aſſez pour entrer dans de grands arcs répulſifs qui les diſſiperont ſubitement: c'eſt ce qui paroît arriver, dans l'exploſion ſubite de la poudre; la même choſe arrive, mais

avec moins de violence dans les phoſphores, qui prennent feu par le ſeul contact de l'air.

48. Tous les corps ne fermentent pas avec tous les corps, ce qui vient, comme nous l'avons inſinué ci-deſſus, de ce que certaines molécules n'agiſſent pas ſur toutes les autres molécules, mais ſeulement ſur quelques-unes, tandis qu'elles exercent une grande force par rapport à d'autres. A l'égard du feu, on peut le regarder comme une eſpece de fermentation de la matiere ſulfureuſe avec celle de la lumiere; car les parties de la matiere ſulfureuſe par l'action d'une lumiere aſſez denſe ou même d'une ſeule étincelle, fermentent avec tant de violence, que paſſant des limites de cohéſion dans des aires répulſives, elles s'évaporent, & la matiere lucide ſe diſſout & s'envole. Ainſi ſi un oiſeau en ſe poſant ſur une montagne détache un grain de ſable, qui en tombant ſur d'autres grains, les entraîne dans ſa chûte, & que ceux-ci tombent ſur de groſſes pierres qui n'avoient preſque aucun point d'appui, ils déterminent leur chûte, toute la

montagne s'écroule dans l'océan & produit une horrible agitation. C'est là l'image des forces inteſtines qui peuvent produire des effets ſurprenans par le moyen d'un petit changement de diſtance dans les particules d'un corps (1).

49. Si le feu eſt produit par la ſeule fermentation de la matiere ſulfureuſe & de la lumiere, là où il

(1) Les Chymiſtes modernes entendent par fermentation, un mouvement inteſtin qui s'excite à l'aide d'un degré de chaleur & de fluidité convenables, entre les parties intégrantes & conſtituantes de certains corps très-composés, & dont il réſulte de nouvelles combinaiſons des principes de ces mêmes corps : c'eſt ainſi que le vin, en fermentant, ſe change en vinaigre. Mais nous prenons le nom de fermentation dans un ſens plus étendu, en déſignant par ce mot les fermentations chymiques & les effervescences.

Les hommes, accoutumés à jouir des plus belles inventions, ſans avoir jamais réfléchi à ce qu'il en a coûté pour les perfectionner, ignorent que c'eſt à la fermentation que nous devons la bonne qualité & le bon goût du pain que nous mangeons maintenant. Il paroît certain qu'on a été réduit pendant long-temps à faire uſage de bouillies ou de galettes viſqueuſes, déſagréables

n'y aura point de ſoufre, l'action du feu ne ſera pas à craindre. Il paroît que les corps terreſtres ne ſont diſſous pas le fluide igné, que parce

---

au goût & difficiles à digérer. La perfection du pain eſt due à la découverte du levain, qui n'eſt autre choſe qu'un morceau de pâte qui, en fermentant, a acquis une ſaveur & une odeur aigre, piquante & ſpiritueuſe. On pétrit exactement cette pâte avec la nouvelle; ce mêlange, aidé d'une chaleur élaſtique, douce, fermente à ſon tour, dégage une grande quantité d'air & de vapeurs qui, ne pouvant s'échapper entierement à cauſe de la tenacité de la pâte, la ſoulevent, la dilatent, la gonflent, en produiſant des yeux ou des petites cavités; cette pâte étant enſuite portée au four, la matiere aérienne & élaſtique qui remplit les petites cavités, dont on vient de parler, ſe raréfie davantage par l'action de la chaleur, & produit un pain rempli d'yeux, & de facile digeſtion.

L'écume qui ſe forme à la ſurface de la biere qui fermente, donne un excellent levain, connu ſous le nom de *levure de bierre*, ou ſimplement *de levure*; c'eſt par ſon moyen qu'on fait ce pain délicat, qu'on appelle *pain mollet* à Paris. La levure ne donne jamais au pain cette ſaveur aigre & déſagréable que lui communique le levain de pâte lorſqu'il eſt en trop grande quantité, ou quand la fermentation eſt trop avancée; peut-être auſſi les Boulangers apportent-ils plus d'attention à la façon du pain mollet.

qu'ils renferment des parties qui lient entr'elles des molécules *inertes*, c'est-à-dire des molécules qui n'exercent entr'elles ni répulsion ni attraction, parce que leurs forces répulsives & attractives se compensent. Mais s'il existoit un corps qui n'eut rien de semblable, il pourroit supporter l'action du feu le plus violent sans être altéré. Il seroit donc possible qu'il y eût dans le soleil même des animaux vivans, mais dont les corps seroient composés d'une matiere bien différente de celle de nos animaux terrestres; par la même raison cet astre pourroit avoir des végétaux & des minéraux qui lui seroient propres. Mais cette

---

Le levain, étant exactement mêlé avec la nouvelle pâte, rend simultanée la fermentation de toutes les parties. Si on laissoit lever la pâte d'elle-même, la fermentation ne s'y faisant que lentement & successivement, les parties qui auroient fermenté les premieres, auroient déjà passé à l'aigre avant que les autres eussent éprouvé le changement & l'atténuation convenables, ce qui produiroit un pain de mauvaise qualité. Le pain sans levain est plus pesant, d'une saveur moins agréable; le pain fait avec le levain, se trempe plus facilement, & ne forme point une colle visqueuse, ce qui est d'un très-grand avantage pour la digestion.

matiere étant très-importante, nous la reprendrons dans la ſuite, lorſque nous traiterons expreſſément des effets & de la nature du feu.

50. La grande efferveſcence qu'il y a dans les corps qui brûlent, écarte les particules de la lumiere, qui, dès qu'elles ſe trouvent dans des grands arcs répulſifs, ſe diſſipent avec une vîteſſe prodigieuſe; & parce que les molécules lucides ne parviennent à ces arcs que ſucceſſivement, le corps enflammé ne doit pas ſe diſſiper tout-à-coup, mais il fournit de la lumiere pendant un temps plus ou moins conſidérable. D'un autre côté, la quantité de lumiere qui vient du ſoleil chaque jour, pouvant avoir avec la maſſe de cet aſtre, une raiſon inaſſignable, le ſoleil pourroit éclairer l'Univers pendant des millions de ſiecles, ſans que ſon diametre en fût diminué d'un demi-pouce. La vîteſſe de la lumiere dépend de la grandeur de l'aire répulſive qui produit ſon émiſſion. A l'égard des rayons de différentes couleurs, on peut ſuppoſer que les molécules dont ils ſont compoſés, ſont un peu différentes entr'elles, & que les forces

répulſives agiſſent ſur elles à peu près également, & leur communiquent des vîteſſes ſenſiblement égales. Mais dans la théorie dont il s'agit ici, ces particules peuvent facilement traverſer les milieux homogenes en ligne droite; car ces milieux ne ſont autre choſe qu'un eſpace pur dans lequel il y a infiniment plus de vuide & infiniment plus de points ſans matiere, que de ceux où ſe trouve la matiere; de ſorte qu'il eſt infiniment probable, c'eſt-à-dire, certain, qu'un globule de lumiere ne rencontrera jamais ſur ſon chemin un point phyſique ou matériel de ce milieu. De même l'eſpace à travers lequel ſe meut la lumiere en tant de ſens différens, contenant un nombre de points infiniment plus grand que celui de tous les globules de lumiere qui exiſtent dans la nature, il eſt infiniment probable qu'aucun de ces globules ne ſe trouvera jamais ſur le chemin de l'autre, & qu'il n'y aura jamais aucun choc entr'eux. Lorſque le milieu eſt fort hétérogene, les parties qui le compoſent, ayant des forces inégales, détournent la lumiere en différens

sens, & l'empêchent de traverser sa masse en ligne droite, comme cela est nécessaire pour la diaphanéité.

51. Dans la théorie dont il s'agit ici, les points physiques nagent & sont disseminés dans un espace immense, sans bornes ni limites, & les corps sont composés d'un nombre fini de points homogenes inétendus, que les forces répulsives tiennent éloignés les uns des autres, tandis que les forces attractives les empêchent de se dissiper. S'il étoit un monde dont les points fussent soumis à une loi différente de forces, de maniere que ses molécules n'eussent aucune action sur celles de notre univers, & réciproquement ; ce monde, quoiqu'existant au milieu du nôtre, n'auroit aucun commerce avec lui ; nous n'en aurions aucune connoissance ; nous pourrions passer sans résistance à travers les corps de ce monde, & les animaux, s'il y en avoit, passeroient à travers de notre corps, sans que nous puissions nous en appercevoir. Mais quoique l'homme puisse connoître quelques propriétés des substances corporelles, nous ne devons pas nous flatter

de parvenir à la connoiſſance parfaite de l'intérieur des corps, de la figure de leurs molécules & de la nature des ſubſtances. Le grand Architecte de l'Univers, en créant la matiere & la ſemant pour ainſi dire, dans l'eſpace, a vu ſeul toutes les combinaiſons & la courbe que chacun de ſes points devoit décrire; car tous les corps ſont dans un mouvement continuel: la terre, les planetes & les cometes: les diſtances des points & les forces qui les pouſſent changent continuellement, ils ſe meuvent dans des courbes compliquées dont l'Eternel Géometre connoît ſeul la nature; & parce que le nombre de ces points inétendus eſt borné, & que l'eſpace eſt étendu, il eſt infiniment probable, & par conſéquent certain, (car une probabilité infinie doit être regardée comme une certitude,) qu'aucun point de matiere n'occupera jamais deux inſtans de ſuite le même point de l'eſpace, ni reviendra jamais après l'avoir une fois quitté, & ne ſe trouvera même jamais dans le lieu dans lequel s'eſt trouvé un autre point de matiere.

Quelle ſageſſe ne faut-il pas pour diſtribuer les points de maniere qu'il en

résulte des molécules de tant de genres propres à former tous les corps naturels (1), pour résoudre ces problêmes si élevés, qui ont rapport au nombre infini des combinaisons possibles, & pour choisir celles qui étoient propres à représenter cette sorte de phénoménes que nous admirons dans le monde. Quelle étoit ta folie, grand Descartes, lorsque tu disois : *Donnez-moi de la matiere & du mouvement, & je ferai un monde ?* Si ta demande t'eut été accordée nous aurions vu, je pense un monde fort ridicule. Comment aurois-tu arrangé la lumiere pour que ses rayons ne se troublassent point dans leurs mouvemens ; pour qu'ils eussent différentes réfrangibilités, suivant les couleurs différentes, pour qu'ils produisent la chaleur & les fer-

(1) Si quelqu'un refusoit d'admetre ce systême, (que nous donnons pour ce qu'il est, c'est-à-dire, comme une hypothese physique, & non comme une vérité de Géométrie), uniquement parce qu'on y suppose les premiers élémens des corps inétendus, il pourroit, en conservant tout le reste, admettre dans ces élémens une étendue très-petite, & la même loi des forces par lesquelles nous supposons qu'ils agissent les uns sur les autres.

mentations ignées ? Dailleurs, quel arrangement aurois-tu donné aux molécules des corps ? De quelle épaiſſeur aurois-tu fait leurs lames propres à réfléchir certaines couleurs, à tranſmettre ou à abſorber les autres ? Connoiſſois-tu la nature des humeurs, & la diſpoſition des parties de l'œil propres à recevoir l'image des objets, à tranſmettre l'impreſſion au ſenſorium? Connoiſſois-tu la nature de l'air, ce fluide dans lequel nous nous mouvons, par lequel nous entendons, qui entretient notre vie par la reſpiration, conſerve la chaleur diurne pendant la nuit, produit les vents pour la navigation, enleve les vapeurs d'où ſe forment les pluies & les neiges qui fertiliſent nos campagnes ? Que dirai-je de la gravité qui retient les planetes & les cometes dans leurs orbites, l'océan dans ſes limites, fait couler les rivieres, tomber les neiges & les pluies, donne aux pendules ces mouvemens uniformes qui ſervent à meſurer le temps ? Si elle venoit à ceſſer tout-à-coup, où irions-nous ? L'air ſe diſſiperoit par ſon élaſticité, la moindre impulſion, le moindre vent ſuffiroit pour détacher un hom-

me de la terre, & lui communiquer un mouvement qui le faisant errer dans l'espace immense, le sépareroit du commerce des autres hommes. Quelle sublime géométrie n'a-t-il pas fallu pour trouver les combinaisons propres à former, à nourrir & à développer les corps organisés des hommes & des animaux, les arbres, les fleurs, les plantes différentes? Mais que sont ces choses en les comparant à celles dont nous n'avons pas la moindre connoissance, & desquelles nous ignorons même si nous les ignorons!

CHAPITRE V.

Continuation du même Sujet.

NOUS allons développer dans ce Chapitre plusieurs phénomenes dont nous n'avons donné que des solutions générales.

52. Si on mêle ensemble certains liquides, les parties de ces liquides s'attireront mutuellement; celles qui seront en contact avec celles d'un autre liquide adhéreront ensemble avec une force proportionnelle à leur vertu attractive: & si cette force est consi-

dérable, les liquides se convertiront en une masse solide, dont la solidité sera d'autant plus grande, que la vertu attractive, qui maîtrisera les parties adhérentes, sera plus considérable; il en résultera donc un *coagulum* : cet effet a lieu lorsqu'on mêle ensemble de l'esprit urineux avec de l'alkool de vin; car ces deux liquides se convertissent aussi-tôt en une masse solide, semblable à de la glace. L'alkool de vin forme aussi un *coagulum*, lorsqu'on le bat avec du blanc d'œuf, ou avec la sérosité du sang. Le blanc d'œuf se coagule encore & se durcit lorsqu'on le mêle avec de l'esprit de sel marin, avec de l'esprit de nitre, avec de l'esprit de soufre, avec de l'huile de vitriol; ces différens esprits ont aussi la propriété de coaguler le sang & de l'épaissir (1). On fait aussi cailler le lait avec de la pressure, ou avec du suc de la petite catapuce; l'esprit de nitre, l'esprit de miel produisent encore le même effet. Les œufs cuits dans du lait forment un coagulum assez ferme. Si on fait dissoudre dans

(1) Duhamel, Histoire. Académ. lib. 1; sect. 5.

de l'eau le résidu des fleurs de Mars, qu'on trouve après la distillation, & qu'on verse pardessus du mercure, l'acide le coagulera. La Chymie nous enseigne quantité d'autres exemples plus curieux les uns que les autres sur cette matiere.

Mais pour quelle raison certains fluides, mêlés ensemble, forment-ils par leur mêlange une masse solide, tandis que d'autres fluides pareillement combinés ensemble, conservent leur fluidité ? Il paroît que ce phénomene dépend de l'arrangement différent de leurs parties, de leur figure, de leur grandeur, de leur densité, de leur porosité, de la force attractive qui unit certaines parties, ou de la force répulsilve qui empêche que les molécules ne parviennent à des fortes limites de cohésion.

53. Si on fait fondre du sel dans une grande quantité d'eau, les parties salines seront plus fortement attirées par l'eau qu'elles ne pourront s'attirer entr'elles, & elles demeureront séparées à une assez grande distance les unes des autres : or comme les parties salines sont assez délicates pour échapper à la foiblesse de notre vue, & qu'à

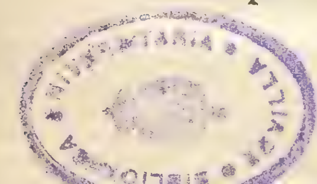
peine peuvent-elles devenir ſenſibles à l'aide des meilleurs microſcopes, elles ne peuvent point par leur excès de peſanteur, écarter les parties aqueuſes qui les ſoutiennent, & ſe précipiter au fond du vaſe; ce qui fait qu'elles demeurent ſuſpendues, & qu'elles nagent dans toute la maſſe d'eau qui contracte auſſi une certaine adhérence avec elles; mais lorſqu'on fait évaporer, ſoit par l'action du ſoleil, ſoit par celle du feu, une petite partie du liquide qui tient le ſel en diſſolution, ou bien auſſi lorſque l'air ou le vent emportent avec eux une partie conſidérable de ce liquide, & la réduiſent en vapeurs, il s'éleve alors ſur la ſurface de l'eau une pellicule fort mince, qui eſt formée par les particules ſalines, qui ſe tiennent au haut, & dont le véhicule s'eſt évaporé. Cette pellicule compoſée de parties ſalines, ayant une aſſez forte conſiſtance, attire plus puiſſamment les parties ſalines, ſur-tout celles qui flottent au deſſous d'elle dans les couches voiſines du diſſolvant, que ne peut faire une même quantité de cette diſſolution qui contient une moindre quantité d'eau à cauſe de l'évaporation dont nous venons de par-

ler ; la pellicule s'épaissit donc de plus en plus, & elle devient avec le temps spécifiquement plus pesante qu'un pareil volume de la dissolution: alors elle se brise en plusieurs parties, qui, par l'excès de leur poids, parviennent à diviser l'eau & à se précipiter au fond du vase; lorsqu'elles se sont ainsi précipitées, elles continuent à attirer à elles les autres parties salines qui flottent encore dans le dissolvant: elles s'assimilent ensemble, & forment par leur réunion de petites masses solides de différentes figures, qu'on appelle *crystaux*.

Les crystallisations offrent aux yeux d'un Observateur attentif un spectacle des plus variés & des plus curieux. Si on verse sur un verre plan, qu'on a fait chauffer auparavant, une goutte d'un liquide qui tient quelque sel en dissolution, & qu'on place cette goutte de liquide sous la lentille d'un bon microscope ; la chaleur communiquée au verre, sur lequel cette goute de liqueur repose, contribuera à l'évaporation de ce liquide; & on observera, avec peine, à la vérité, des petites portioncules salines, qui s'ap-

procheront continuellement de plus en plus les unes des autres, & qui par leur réunion formeront des cryſtaux dont la grandeur augmentera à proportion du nombre des parties qui ſe réuniront entr'elles. Ces cryſtaux, qui ſont ſuffiſamment grands pour être ſoumis aux différentes opérations de la Chymie, ont tous une figure différente, ſuivant qu'ils ſont formés par des ſels de différentes eſpeces. Leur figure en effet dépend du concours des parties ſalines ou homogenes, & du mêlange d'un ſel avec une autre eſpece de ſel, ou avec une terre quelconque, ou avec un métal, ainſi qu'il arrive lorſqu'on combine enſemble l'acide vitriolique avec un alkali fixe, ou avec un alkali volatil, ou encore avec une terre abſorbante, ou avec quelque huile, ou avec différens métaux, &c.

54. Les cryſtaux de ſel marin ſe préſentent ſous la forme de petites pyramides dont les baſes ſont quadrangulaires & concaves en deſſous. Le ſel eſſentiel de quinquina produit des cryſtaux ronds & demi-ronds. Le ſel de vipere forme des cryſtaux tor-



tueux. Les cryſtaux du ſel de corne de cerf forment des ramifications. Ceux qui naiſſent de la cryſtalliſation du ſel d'abſynthe, reſſemblent à des feuilles d'arbres. Le ſel de nitre produit des cryſtaux qui ont la figure de priſmes exagones. Les cryſtaux du ſel de laurier ſe préſentent en partie ſous la forme de priſmes exagones, & en partie ſous la forme de pyramides tronquées. Le ſel de capillaire ſe cryſtaliſe ſous la forme de cubes ; celui d'ellébore blanc forme des rhombes. Les cryſtaux du vitriol ſont rhomboïdes; ceux de l'alun ſont ſur-tout octogones. Bellini, Lewenhoëck, Cappeller, Baker, ſont ceux qui ont commencé les premiers à examiner la figure des ſels cryſtalliſés, ce qui fournit des obſervations microſcopiques très-curieuſes, ſur-tout ſi on examine des diſſolutions des métaux & de demi-métaux, faites par différens menſtrues, tels que l'eau régale, l'eſprit de nitre, l'huile de vitriol, le vinaigre, & par d'autres encore de toute autre eſpece. Pour faire ces ſortes d'obſervations, il faut placer ſur la ſurface plane d'un verre chauffé ou non chauffé,

une goutte de chaque diſſolution, & l'expoſer ſous la lentille d'un microſcope. Si on plonge dans quelque goutte de diſſolution métallique, comme par exemple, dans une diſſolution d'or, ſi on y plonge, dis-je, un petit morceau de cuivre jaune ou d'étain, de plomb, de zinc, de biſmuth, ou ſi on met dans une diſſolution d'argent, un petit morceau de fer, de cuivre, de ſimilor, d'étain, de plomb, de zinc, de biſmuth, ou enfin ſi on plonge dans quelques gouttes d'une diſſolution de cuivre quelque petit morceau d'argent fin, ou d'acier, de ſorte que deux métaux différens ſoient diſſous par un même menſtrue; il en réſultera des cryſtaux très-curieux, qui ſe préſenteront ſous la forme de différens arbriſſeaux, munis de leurs branches, de pluſieurs rameaux, dont les uns ſeront plus longs, les autres plus courts, les uns droits, les autres courbes, d'autres angulaires, hériſſés d'un ou de deux côtés, & qui porteront des petits globules qui repréſenteront des fruits. On remarque quelquefois que ces petits arbriſſeaux ſont

entourés de toute part de couronnes plus étroites ou plus amples, placées à quelque diſtance les unes des autres, & d'où ſortent quelquefois d'autres petits rameaux.

Les troncs de ces arbriſſeaux ſont quelquefois épais, denſes & pyramidaux. C'eſt M. de la Condamine qui nous a donné le premier la connoiſſance de ces ſortes de cryſtalliſations.

Parmi les différens ſels, il y en a pluſieurs qui ſe cryſtalliſent plus promptement que d'autres; & plus on eſt obligé d'employer une plus grande quantité d'eau pour les diſſoudre, & plus promptement ils ſe cryſtalliſent après l'évaporation.

55. Les *effervescences* nous préſentent un ſpectacle bien digne de l'attention d'un Phyſicien : ce ſont certains mouvemens internes & ſubits qui s'excitent lorſqu'on mêle ou qu'on verſe enſemble deux ſubſtances qui étoient auparavant en repos, ou qui avoient très-peu de mouvement. Ces ſortes d'effets ſont ordinairement accompagnés d'écume & d'ébullition. Si l'on met du

régule d'antimoine fondu avec de l'argent, avec du ſublimé corroſif, & qu'après avoir placé cette poudre dans un vaſe de verre, dont l'orifice ſoit très-petit, on la triture par le moyen d'un bâton qu'on inſere dans ce vaſe, il en ſortira dans moins de demi-heure des fumées épaiſſes, le verre s'échauffera, & la matiere s'élancera au-delà du vaſe ſous la forme d'une écume, en rempliſſant d'une vapeur épaiſſe l'endroit où ſe fait l'expérience. Pluſieurs effervéſcences de cette nature ont encore lieu, lorſqu'on mêle enſemble de la diſſolution de ſel alkali avec de la diſſolution de ſel acide, quoique les ſels acides fermentent encore, & produiſent des efferveſcences, lorſqu'on en mêle pluſieurs enſemble, ou avec d'autres d'une eſpece différente. La raiſon de ce phénomene ſe préſente d'elle-même; car nous avons dit ci-deſſus que certaines molécules n'avoient aucune action ſur d'autres molécules, les forces répulſives & les attractives ſe détruiſant mutuellement, tandis qu'elles exercent des forces conſidérables, ſoit attractives, ſoit

répulſives, ſur d'autres molécules différentes ; ainſi elles peuvent fermenter avec ces dernieres, comme il arrive à la limaille de fer, ſi on la mêle avec le ſoufre, & qu'on répande de l'eau ſur le mêlange. La fermentation qu'on excite en mêlant de la limaille de fer avec l'eau-forte, eſt plus violente que celle qu'on produit en répandant la même quantité d'eau-forte ſur des feuilles de cuivre. Le feu, en fermentant avec le nitre, l'air & l'eau que renferme la poudre à canon, produit une violente exploſion capable de vaincre un poids 244000 fois plus grand que celui de la poudre ; ce qui vient de la grande force expanſive de l'air & des vapeurs aqueuſes que renferme cette ſubſtance.

56. Pluſieurs phénomenes démontrent l'exiſtence de l'attraction. Les Anglois ont avancé que l'alkali volatil étoit plus propre à remédier aux effets du charbon, que l'acide du vinaigre, qu'on avoit indiqué comme un moyen certain. Ayant reconnu, dit un Savant, que le feu produit par les matieres combuſtibles,

développoit un acide qui pénétroit les substances qu'on exposoit à son action, que cet acide en s'introduisant dans les métaux, augmentoit leur pesanteur absolue, & les convertisoit en chaux, lesquels ne sont, à parler physiquement, que des sels vitrifiables; je partis de ce principe; & après m'être brûlé j'eus recours à l'alkali volatil, j'en mis sur ma brûlure: la douleur cessa 4 minutes après. Je fis la même expérience sur quelqu'un qui avoit pris un couvercle de creuset, qui ne venoit que de quitter l'incandescence; il eut les extrêmités des 4 doigts brûlées. Par le moyen de l'alkali volatil, il fût soulagé dans l'espace d'une demi-heure; le lendemain il n'y avoit plus vestige de brûlure: depuis ce temps, ajoute-t-il, j'emploie toujours avec un égal succès l'alkali volatil, lorsque je me brûle. L'alkali volatil dégagé du sel ammoniac, par le moyen de la chaux, remédie plus promptement à la brûlure, que l'esprit alkali volatil, & celui-ci plus promptement que l'alkali fixe; mais tous les trois guérissent en attirant & en s'emparant de l'acide

l'acide concentré, qui avoit passé dans le corps pénétré par la chaleur, & le neutralisant.

Si on verse du mercure très-pur dans un vase de cuivre très-poli & étamé intérieurement, ce liquide attiré par les parois du vase, s'élevera circulairement vers la partie latérale de ce vase. La soudure d'étain est composée d'étain & de plomb; quand elle est liquide, elle est attirée si fortement par l'étain, qu'elle sert à unir ensemble deux morceaux de ce métal. La soudure de cuivre ou de similor, dont on se sert pour unir ensemble deux morceaux de cuivre, est un composé de cuivre & d'argent, ou de similor, d'argent & d'étain. La soudure de l'or est un mêlange d'or & d'argent, on s'en sert pour unir ensemble de l'or avec de l'argent, ou de l'argent avec de l'argent. Le cuivre & le similor fondus s'attachent si fortement au fer spécifiquement plus léger, qu'ils lui servent de soudure. Si on fait dissoudre de l'or dans de l'eau régale, & qu'on verse ensuite sur la dissolution de l'esprit de vin éthéré, qui

de tous les liquides connus est le plus léger, pour peu qu'on renverse la bouteille, l'or qui nageoit dans son dissolvant, l'abandonne aussi-tôt pour se jetter dans l'esprit de vin, qui l'attire plus fortement.

57. *La sublimation philosophique ou la végétation des sels* nous fournit une preuve bien claire de la vertu attractive. Si on fait fondre dans de l'eau pure, dans du vin, &c. du sel de nitre purifié, du crystal mineral, du sel ammoniac, &c. & qu'on verse cette dissolution dans des vases de verre, ces sels s'éleveront le long des parois des vases jusqu'à leur orifice, & couronneront les bords de concrétions épaisses de différentes figures. C'est de cette maniere aussi que se forment les végétations métalliques, lorsqu'on fait dissoudre certains métaux dans certains menstrues.

Baldus forma des petits fils avec un or très-pur, il en plongea un obliquement, par sa partie inférieure, dans du mercure; & dans l'espace de quelques heures, il observa que ce fluide s'étoit répandu sous la forme d'une espece de fourreau, sur

toute l'étendue du fil, & qu'il en avoit rongé la partie inférieure.

Lorſqu'on verſe du mercure diſſous dans l'eau forte, ſur une diſſolution d'argent faite auſſi par l'eau forte, & qu'après avoir mêlé enſemble ces deux diſſolutions, on verſe ſur le mêlange une certaine quantité d'eau ou de vinaigre diſtillé, les parties métalliques ne pouvant plus être ſoutenues par un diſſolvant trop affoibli par l'eau ou le vinaigre, ſe précipitent & tombent les unes ſur les autres. Celles qui ſuivent ſont attirées par la maſſe déjà formée au fond du vaſe, & tombent d'une maniere irréguliere ſur différens points de cette premiere maſſe; de maniere qu'elles forment des ramifications irrégulieres qui repréſentent à peu près un arbre avec ſes branches: c'eſt ce qu'on appelle l'*arbre de Diane*. Pour faire cette opération, vous prendrez quatre gros d'argent fin, réduit en limaille ou en feuilles, avec deux gros de mercure, que vous amalgamerez enſemble, & que vous ferez enſuite diſſoudre dans quatre onces

d'esprit de nitre, pur, passablement fort. Etendez cette dissolution dans environ une livre & demie d'eau distillée; agitez le mêlange, & le gardez dans un flacon de crystal bien bouché. Quand on veut se servir de cette préparation, on en met une once dans un bocal ou dans une phiole, en ajoutant gros comme un pois d'un amalgame d'or ou d'argent, qui soit maniable comme du beurre; on laisse le vase en repos, & l'on voit sortir presqu'aussi-tôt après, de la petite boule d'amalgame, des petits filamens qui s'augmentent promptement, jettent des branches d'un côté & d'autre, & prennent la forme d'arbrisseaux.

Si on fait dissoudre une once d'argent dans deux ou trois onces d'esprit de nitre, & qu'on fasse ensuite évaporer la dissolution à un feu de sable, jusqu'à diminution de moitié, si ensuite on verse sur le résultat 20 onces d'eau & 10 de mercure, on verra naître dans l'espace de 40 jours un arbre, dont les extrêmités des rameaux porteront, au rapport

de l'Emery, de petits globules qui auront l'apparence d'un fruit.

58. Pour garantir le fer & l'acier de la rouille, il suffit de l'enduire de graisse de chapon, ou de passer sur la surface un vernis blanc, léger & transparent, qui ne change en rien la couleur de l'acier : ce vernis se fait avec du mastic, du camphre, du sandaraque & de la gomme élemi, fondus dans l'esprit de vin.

59. Les Chinois ont coutume de couper par tranches très-minces des cornes de boucs; ils en amincissent les bords, & après les avoir fait cuire pendant quelque temps, ils les posent les unes sur les autres, de façon qu'elles se touchent par une surface d'environ trois lignes : alors avec des tenailles de fer qu'ils ont fait chauffer, il serrent en plusieurs points les surfaces qui sont en contact : ils les humectent ensuite une seconde fois, & ils les pincent après cela selon toute leur longueur avec les mêmes tenailles dont on vient de parler : ils emploient ces lames ainsi unies pour faire des lanternes de corne de trois pieds de diametre;

& ces lames sont tellement unies, qu'elles ne paroissent plus former qu'une seule & même masse.

60. On se sert de la terre à foulon pour dégraisser les draps, parce qu'elle attire l'huile plus fortement que ne fait la laine. La chaux détrempée & mêlée avec art avec du sable & de l'eau, sert à unir les pierres entr'elles. La chaux doit sa fermeté au sel qu'elle renferme; car si l'on verse plusieurs fois de l'eau chaude sur de la chaux, jusqu'à ce qu'on en ait retiré tout le sel qu'elle contenoit, cette chaux combinée ensuite avec du sable, ne peut plus se durcir.

61. La gomme arabique fondue dans l'esprit de vin rectifié, donne un *gluten* propre à coller du verre avec du verre. Le suc exprimé de l'ail, est le gluten dont on fait usage pour coller la porcelaine (1). On peut aussi s'y prendre de la maniere suivante: Si un vase de porcelaine est rompu, placez les morceaux dans leur situation naturelle, liez-les so-

(1) Hist. Acad., lib. 2, sect. 7, p. 184.

lidement, afin de les contenir en place : placez après cela le vaſe dans une chaudiere, qui contienne du lait & du riz, laiſſant bouillir le tout pendant trois heures, ôtez ensuite la chaudiere de deſſus le feu, & lorſque le mêlange ſera froid, retirez-en le vaſe de porcelaine, qui ſera auſſi ſolide que ſi jamais il n'eût été rompu, & ſervira aux mêmes uſages.

CHAPITRE VI.

Des Tubes Capillaires

62. LES phénomenes des tubes capillaires ſont trop fameux pour que nous les paſſions ſous ſilence. Nous avons vu dans la Section 2e. de cet Ouvrage, qu'un liquide contenu dans des tubes communiquans ſe mettoit de niveau, & montoit à la même hauteur; mais cette loi n'a pas lieu dans les tubes fort étroits, qui, à cauſe de la petiteſſe de leur diametre, ſont ordinairement appellés *capillaires*,

dans lesquels la plupart des liqueurs montent au dessus du niveau, en produisant une variété admirable de phénomenes, par une cause qui peut, (dit un Savant), servir à expliquer pourquoi l'éponge, le sucre, les cendres, les morceaux de linge boivent l'eau, & la font monter; (car ce sont des assemblages de petits conduits différemment flechis, qui font les fonctions des tubes capillaires); pourquoi certaines humeurs sont séparées dans les glandes des corps vivans; pourquoi le sang est distribué continuellement dans des vaisseaux très-petits; pourquoi les parties férugineuses séparées par la meule d'un gagne-petit, & mêlées avec l'eau, s'insinuent dans les canaux poreux de la meule & s'approchent du centre; &c.

On sait que dans un verre à demi-plein d'eau, la liqueur s'éleve le long des parois. Si l'on joint ensemble deux plaques de verre, de maniere qu'elles fassent un angle très-aigu, l'eau s'élevera entre ces tables; ensorte que l'élevation sera plus grande dans les points où les tables sont plus rapprochées, & elle sui-

vra ſenſiblement la raiſon inverſe des diſtances qu'il y a entre les tables (*fig.* 107). Dans les tubes très-étroits , l'eau s'éleve d'autant plus que le diametre eſt plus petit , pourvu que ces tubes ſoient bien nets. Mais ſi l'orifice ſupérieur eſt fermé, la réſiſtance de l'air empêchera l'aſcenſion du fluide. Cependant toutes ſortes de fluides ne s'élevent pas à la même hauteur. Muſſenbroek a trouvé que dans un tube long de 43 lignes, & dont le diametre étoit plus petit qu'un tiers de ligne, les liqueurs ſuivantes ſont montées à la hauteur indiquée par la Table ci-jointe



Fluides.	*Hauteurs.*	*Gravités ſpécifiques.*
L'Urine humaine,	33 ou 34 lig.	1030.
L'Eſprit de Sel Ammoniac,	30 ou 33.	1120.
L'Huile de Vitriol,	26 ou 27.	1700.
L'Eau,	26.	1000.
L'Huile de Tartre par défaillance,	25 ou 26.	1550.
L'Huile de Raves.	21.	913.
L'Eſprit de Nitre, de Glaubert,	20.	1315.
L'Alkool de vin,	18 ou 19.	874.
L'Huile éthérée de Thérébentine,	18 ou 19.	866.
Le Mercure	reſte au deſſous du niveau.	14000.

Cette Table fait voir combien est éloignée de la vérité l'opinion de Carré, qui prétendoit que l'eau s'éleve à une plus grande hauteur dans les tubes capillaires, que toute autre liqueur. Il paroît encore que cette élévation ne suit point la raison de la subtilité des liqueurs élevées ; puisque l'alkool est très-subtil, & l'huile de raves très-tenace. Si un tube capillaire est suspendu perpendiculairement, & qu'une goutte d'eau coulant sur sa surface externe parvienne à son orifice inférieur, elle montera dans le tube à la même hauteur à laquelle elle parviendroit si le bout inférieur de ce tube étoit plongé dans l'eau, & cela aura lieu également dans le vuide de Boyle ; ce qui fait voir que ce phénomene ne dépend pas de la pression de l'air. Si on place sur un plan horizontal de verre *D E*, (*fig.* 108), bien net, un goutte d'huile récente de carvi ou d'orange, & qu'ensuite on joigne à ce plan un autre plan *A C*, de maniere que les extrêmités *A*, *D* se touchent, tandis que les autres extrêmités sont tellement écartées,

que la goutte *B* touche le plan ſupérieur ; elle ſe portera avec un mouvement accéléré vers la jonction *A D*. Cela arrivera même en élevant un peu l'extrêmité *D* ; mais l'élévation peut être telle que la cauſe qui pouſſe la goutte vers *D*, faſſe équilibre à la force reſpective de la gravité qui la pouſſe vers *E*, alors la goutte s'arrêtera dans le lieu où cela arrivera.

63. Si on fait couler le long d'un tube capillaire placé dans une ſituation inclinée à l'horizon, une goutte d'eau, lorſque cette goutte ſera parvenue à l'extrêmité inférieure, elle s'élevera dans le tube à la même hauteur que l'eau s'éleveroit ſi le bout inférieur du tube étoit plongé dans ce liquide, & cela arrivera également dans le vuide de Boyle.

Soit un tube *A B C* (*fig.* 109) composé d'un tube plus étroit *AB*, & d'un plus large *B C* : ſoit *A P* la hauteur à laquelle l'eau pourroit monter dans le tube plus étroit, *B F* la hauteur qui appartient au tube plus large : ſi l'on remplit le tube *A B C*, l'eau reſtera ſuſpendue

à une hauteur repréſentée par *A P*; mais ſi on remplit le tube en le tenant dans une ſituation renverſée, l'eau reſtera ſuſpendue à une hauteur indiquée par *B F*.

64. Un vaſe quelconque *A B C* (*fig.* 110), terminé ſupérieurement en tube capillaire, retient, dit-on, ſuſpendue toute l'eau dont il eſt rempli. Bien plus, l'eau reſtera ſuſpendue, quoiqu'elle ne ſoit pas élevée tout-à-fait juſqu'au cou le plus étroit, pourvu que l'ouverture *A* ſoit humectée par une goutte d'eau qu'on y placera avec le doigt. Enfin Jurin rapporte qu'un tube long de 35 lignes, & dont le diametre étoit de 3 lignes, retenoit toute l'eau dont il étoit rempli dans le vuide de Boyle. Newton aſſure auſſi que le mercure reſte ſouvent ſuſpendu à la hauteur de 60 ou de 70 pouces; & Mariotte avec Muſſenbroek, prétendent que cela arrive ſur-tout lorſque le mercure eſt bien purgé d'air.

Les Phyſiciens qui ont ſuivi les étendards de Deſcartes, ont inventé un grand nombre d'hypotheſes pour expliquer ces ſortes de phénomenes:

la plupart ſoutiennent que pluſieurs cauſes concourent à les produire. Ils aſſurent ſur-tout que l'air interne ne pouvant pas couler librement dans le tube, à cauſe de la petiteſſe de ſon diametre, ne peut pas faire équilibre avec l'air externe ; mais cette hypotheſe ne peut plus ſe ſoutenir lorſqu'on fait attention que l'air eſt un fluide trop ſubtil pour ne pas paſſer librement dans un tube capillaire. D'ailleurs l'eau devroit monter, du moins un peu, dans un tube fermé ſupérieurement juſqu'à ce que le poids de l'eau jointe au reſſort de l'air fît équilibre avec la preſſion de l'air extérieur, ce qui n'arrive cependant pas. Ajoutons à cela, qu'alors les fluides plus légers que l'eau, comme l'eſprit de vin, par exemple, devroient s'élever plus haut; ce qui eſt contraire à l'obſervation. De plus, comment pourroit-il ſe faire que les liquides s'élevaſſent à la même hauteur dans le vuide de Boyle, & dans l'air libre, ſi l'action de l'air produiſoit ces phénomenes?

65. Les autres penſent que la preſſion de l'athmoſphere étant plus

petite dans l'intérieur d'un tube capillaire, l'air contenu dans les pores du fluide se dilate, & produit l'ascension du liquide par son développement. Mais les phénomenes sont les mêmes dans le vuide de Boyle, en employant même de l'eau purgée d'air. D'autre côté, si les parois intérieures du tube sont enduites de suif ou de cire, l'eau ne monte pas au dessus de son niveau, il n'y a cependant pas alors un moindre développement d'air; ce n'est donc pas à cette cause qu'on peut attribuer l'ascension des liquides dans les tubes capillaires.

Il y en a qui soutiennent que la colonne d'air contenue dans le tube, presse l'eau avec moins de force; parce que si on les en croit, il coule un torrent de matiere subtile entre le verre & l'air, qui s'oppose à leur adhésion mutuelle : mais pourquoi cette matiere subtile ne coule-t-elle pas aussi entre le verre & l'eau? D'où vient ce mouvement d'une matiere subtile dont on ne prouve pas même l'existence? D'autres assurent

que cette matiere subtile presse moins une colonne de fluide contenue dans un tube capillaire; mais à qui persuadera-t-on que cette matiere qui passe, selon les Cartésiens, à travers les pores des corps les plus compactes, ne peut pas couler librement dans un tube capillaire, dans lequel l'eau peut facilement pénétrer? Ceux qui prétendent que la colonne d'eau reste suspendue dans un tube capillaire, parce qu'elle est soutenue par les aspérités du verre qui lui font perdre une partie de son poids, ne font pas attention qu'alors une goutte d'eau qui en coulant le long de la surface extérieure d'un tube capillaire placé dans une situation verticale, parvient jusqu'à son orifice inférieur, ne pourroit pas s'élever dans l'intérieur du tube; puisque les aspérités feroient plus propres à empêcher qu'à procurer l'ascension du fluide. Mais laissons là les fictions, & passons à la véritable théorie.

66. On ne sauroit douter de l'attraction que le verre exerce sur l'eau, si l'on fait attention que ce fluide

s'éleve autour des parois d'un vaſe de verre qui en eſt à demi-rempli. On ſait auſſi que les parties de l'eau s'attirent avec beaucoup de force. Weitbrecht prit un ſiphon *A B C D*, (*fig.* 111), dont la branche *A B* étoit plus ample & plus longue que l'autre qui étoit capillaire; de maniere que ſon diametre alloit en croiſſant peu à peu depuis *C* juſqu'en *D*. Ayant rempli ce ſiphon d'eau, & l'ayant placé dans une ſituation perpendiculaire, de maniere que les orifices *A* & *D* regardoient le ciel, il ſortit une goutte d'eau par l'orifice *D*, qui forma une eſpece d'anneau 1 *P*, qui entouroit le tube capillaire. Cet anneau s'étant augmenté par une nouvelle goutte qui coula de l'orifice *D*, deſcendit plus bas en 2 *P*. Cet anneau s'étant de nouveau, augmenté par l'addition d'une nouvelle goutte, deſcendit juſqu'en 3 *P*, d'où le poids d'une nouvelle goutte le fit encore deſcendre juſqu'en *C*. Lorſque la goutte qui deſcendoit de l'orifice *D* étoit parvenue auprès de l'anneau 1 *P*, celui-ci s'élevoit vers elle, & lui

alloit au devant. Cela arrivoit de même aux anneaux 2 *P* & 3 *P*.

67. Tous les partiſans de Newton ne donnent pas la même explication des phénomenes des tubes capillaires. Nous allons développer ſuccintement les ſyſtêmes les plus fameux & les plus dignes de l'attention des Phyſiciens, laiſſant au lecteur la liberté de ſe décider pour celui qui lui paroîtra le plus conforme à la vérité. L'eau eſt plus attirée par le verre que par elle-même ; puiſqu'elle mouille le verre, & que ſon propre poids ne peut pas l'en détacher ; le mercure, au contraire, n'humecte pas le verre, étant plus attiré par ſes propres parties, qu'il ne l'eſt par celles du verre. C'eſt-là la raiſon pour laquelle l'eau contenue dans un vaſe de verre s'éleve vers ſes parois, formant une ſurface concave, dont le milieu eſt le point le plus bas ; tandis que le mercure forme une ſurface convexe, dont le milieu eſt plus élevé, parce que les parties ſituées vers les parois du vaſe de verre ſont plus attirées par le mercure que par le verre. Il ſe préſente ce-

pendant une difficulté qui pourroit embarraſſer les jeunes Phyſiciens : car on remarque qu'une goutte de mercure poſée ſur le verre, s'applatit un peu, ne conſervant pas une figure parfaitement ſphérique. Mais on doit faire attention que quoique toutes les particules qui compoſent une goutte de mercure ronde, ſoient également attirées vers ſon centre, néanmoins lorſque cette goutte eſt placée ſur un plan de verre, les parties qui ſont appliquées à ce verre en ſont un peu attirées, & ne ſont pas preſſées vers le centre avec autant de force que les autres, ce qui doit occaſionner l'applatiſſement de la goutte. Il paroît encore que le verre ne peut ſoutenir qu'une ſeule goutte d'eau, qui eſt cependant d'autant plus grande que la baſe appliquée au verre eſt plus conſidérable : c'eſt ce que l'on voit arriver aux vapeurs de l'eau, lorſqu'elles forment des gouttes qui coulent le long des vitres des chambres.

68. Auſſi-tôt que l'extrêmité inférieure *a* (*fig.* 112), d'un tube capillaire vient à toucher l'eau, il at-

tire plus les gouttes voisines qu'elles ne s'attirent elles-mêmes ; elles sont donc obligées de monter dans le premier anneau de ce tube, où étant parvenues, elles sont attirées latéralement par une force qu'on peut représenter par la ligne *a b*, tandis que l'anneau supérieur tend à les faire monter avec une force que nous représenterons par la ligne *a c*; elles sont donc obligées de monter en suivant la diagonale *b c* du parallélogramme *a b d c*.

Il n'est donc pas surprenant que ces sortes d'expériences réussissent également dans le vuide de Boyle & dans l'air libre, puisque la force attractive du verre est la même dans l'un & l'autre cas. Mais si le tube est fermé supérieurement, la résistance de l'air intérieur s'opposera à l'élévation de l'eau ; cependant ce fluide montera dans un tube fermé, pourvu qu'il soit vuide d'air.

69. L'intervalle auquel la vertu attractive du verre peut produire un effet sensible étant très-petit, si l'on enduit de suif ou de cire la surface intérieure d'un tube capillaire, la

couche interposée entre l'eau & le verre, empêchera l'attraction du tube de produire un effet sensible, & l'eau ne s'élevera pas, parce que, (si l'on en croit ungrand nombre de Physiciens), les particules du suif & de la cire attirent moins les molécules de l'eau,qu'eles ne s'attirent elles-mêmes.

On observe quelquefois que deux gouttes d'eau placées sur un plan fort poli, & éloigné d'un intervalle sensible, se portent l'une vers l'autre pour n'en plus former qu'une ; d'où il suit que l'action de l'eau s'étend plus loin que celle du verre ; c'est pourquoi il paroît que l'attraction de la surface intérieure d'un tube capillaire ne peut élever qu'une couche cylindrique d'eau très-mince ; mais celle-ci entraîne la colonne du milieu à laquelle elle est adhérente. Bien plus, on prétend que Mariote & Bulffinger ont trouvé, par expérience, que la masse d'eau élevée dans un tube capillaire, n'excede jamais la goutte que l'extrêmité du tube peut soutenir ; c'est-là peut-être la raison pour laquelle l'eau ne s'éleve pas sensiblement au dessus du

niveau dans les tubes un peu larges : car alors la maſſe qu'il faudroit élever, exigeroit un effort ſupérieur à la cohéſion des particules de l'eau & à la vertu attractive du verre.

70 Il ſemble même que l'eau n'eſt élevée & ſoutenue que par l'anneau qui lui eſt immédiatement ſupérieur ; car la partie du tube à laquelle répond l'eau déjà élevée, paroît agir autant pour abaiſſer l'eau, que pour la faire monter ; de ſorte que l'eau étant parvenue juſqu'au ſecond anneau du tube, l'anneau inférieur fait autant d'effort pour la faire deſcendre, que l'anneau ſupérieur en fait pour la faire monter ; ainſi le troiſieme anneau peut ſeul produire l'aſcenſion du fluide. Mais le poids augmentant à proportion que le fluide s'éleve, tandis que la force qui le fait monter eſt toujours la même, ſon mouvement doit être continuellement retardé. Il eſt évident encore que quelle que ſoit la longueur du tube, pourvu qu'elle excede celle de la colonne fluide, qui peut être élevée dans un tube de même diametre, la liqueur ne

doit pas s'élever à une plus grande hauteur, quoique Muſſenbroek prétende avoir obſervé le contraire; mais Hamberger & Segner ont fait des expériences qui ne s'accordent pas avec celle du Phyſicien Hollandois, qui paroît avoir employé des tubes dont le diametre n'étoit pas par-tout le même, c'eſt-à-dire, qui n'étoient pas parfaitement cylindriques (1). D'ailleurs il

---

(1) Ce Savant avoue qu'il n'y a aucun rapport conſtant entre la hauteur des fluides & celle des tubes; d'où il auroit dû conclure que les phénomenes qu'il avoit obſervés, étoient produits par une cauſe accidentelle. L'action du verre ne s'étend qu'à une très-petite diſtance; comment donc pourroit-il ſe faire que toute la longueur du tube concourût à l'élévation de l'eau? Selon le même Phyſicien, ſi l'on incline doucement un tube capillaire, l'eau s'élevera vers l'autre extrêmité, & s'arrêtera au milieu, lorſqu'il aura acquis une ſituation horizontale; cependant il eſt certain que l'eau ne tend pas ſenſiblement vers l'extrêmité inférieure du tube, à moins que l'autre extrêmité ne ſoit un peu plus abaiſſée que la premiere. Cette obſervation n'eſt pas contraire à la théorie que nous développons comme le penſe le ſavant Scherffer, dans ſes Inſtitutions de Phyſique, (tome 1, pag. 351, édition troiſieme): en effet l'anneau

arrive ſouvent que l'eau ne monte pas à la même hauteur la premiere fois qu'on y plonge un tube, à laquelle elle monte la ſeconde ou la troiſieme fois ; ce qui peut venir de la réſiſtance qu'oppoſent les aſpérités du verre, avant que la ſurface intérieure du tube ait été humectée par une couche d'eau.

71. La force effective qui éleve l'eau, n'eſt pas toute l'attraction du verre, mais ſeulement l'excès de ſa force ſur l'attraction du liquide : c'eſt pourquoi ſi nous ſuppoſons que le verre attire l'eau avec une force comme 5, & que les molécules de l'eau s'attirent avec une force comme 2, la force effective qui élevera l'eau dans le tube capillaire, ſera repréſentée par 3, & cette force 3 ſera

qui tenoit l'eau ſuſpendue dans le tube vertical, ne pourroit lorſque ce tube eſt devenu horizontal, éloigner la colonne fluide de l'extrêmité du tube, que d'une quantité infiniment petite; & alors la force de l'anneau ſitué à cette extrêmité étant égale, & oppoſée à celle de l'anneau qui tire l'eau vers l'autre extrêmité, le fluide reſteroit tranquille après avoir tout au plus avancé d'une quantité inaſſignable & imperceptible.

la même pour chaque point de l'anneau ſupérieur. Maintenant plus le diametre de l'anneau eſt petit, plus les parties ſont convergentes ; plus leurs rayons d'activité ſe rapprochent, plus il y a de points dans cet anneau, dont la force active concourt à élever une même molécule d'eau ; de maniere que le diametre devenant 2 fois plus petit, il y aura 2 fois plus de points qui agiront ſur une même particule d'eau ; ainſi l'eau s'élevera d'autant plus haut, que le diametre du tube ſera plus petit, ce qui s'accorde avec les obſervations.

Mais il n'eſt pas inutile de remarquer qu'il ſe forme dans les tubes anciens une eſpece de croute qui vient des ſels qui entrent dans la compoſition du verre, & que l'air diſſout, ou bien encore de quelque matiere terreſtre qui flotte dans l'air ; & cette croute nuit à l'action du verre ; c'eſt pourquoi il eſt bon de les laver de temps en temps avec de l'eſprit de vin. Suppoſons que l'eau ſoit ſuſpendue à la hauteur *c d* (*fig.* 113), & qu'alors on renverſe le tube *A B* ; elle deſcendra

jusqu'à l'extrêmité *A*, en abandonnant la partie *B e f* du tube; parce que le poids de l'eau étant joint à la force de l'anneau situé après l'anneau *c d*, suffira pour faire descendre la liqueur, qui ne s'arrêtera que quand elle sera parvenue en *A*. Si le tube étant renversé, on enduit de suif la portion *B e f*, & qu'on renverse ensuite de nouveau le tube pour lui donner la situation qu'il avoit d'abord, l'eau ne descendra pas au dessous de l'anneau *e f*, parce que le suif empêchera que l'attraction des anneaux situés entre *e f* & *B* produise son effet.

72. Si l'orifice inférieur *B* d'un tube capillaire (*fig. 114*), touchant la superficie de l'eau, éleve autant de cette liqueur qu'il peut en porter; si ensuite on l'incline pour faire monter l'eau vers l'orifice supérieur *A*, de maniere que l'air occupe l'espace *B f*, en plongeant de nouveau l'orifice *B* dans l'eau à une plus grande profondeur, la liqueur s'élevera intérieurement jusqu'au niveau en *c d*, & l'eau contenue dans le tube restera suspendue dans l'espace *f e* au dessus

d'une bulle d'air *c f*. La raiſon en eſt que l'anneau *c d* a la force néceſſaire pour ſoutenir l'eau *e f*; ainſi l'eau ne peut pas deſcendre au deſſous de *f*, la bulle d'air qui la ſoutient ne pouvant vaincre la force de l'anneau *c d*. Mais ſi la colonne *e f* étoit plus grande que celle que l'anneau *c d* peut ſoutenir, alors l'air trop preſſé par la liqueur, deſcendroit au deſſous du niveau *c d*. Au contraire, ſi le poids de la colonne *e f* étoit plus petit que celui que l'anneau *c d* peut ſoutenir, alors l'eau s'éleveroit un peu au deſſus du niveau; de ſorte que dans tous les cas la quantité d'eau élevée au deſſus du niveau, doit être égale à la colonne que le tube capillaire peut élever.

73. Si on retire doucement de l'eau un tube chargé d'une quantité convenable de cette liqueur, elle deſcendra; mais après avoir ſéparé entierement le tube de l'eau, la liqueur remontera à ſa hauteur ordinaire. En effet, lorſque l'orifice inférieur du tube commence à abandonner la ſurface de l'eau ſtagnante, on apperçoit une goutte de liqueur qui lui eſt adhé-

rente & qui a une forme conique ; cette goutte, augmentant le poids de la colonne intérieure, la fait descendre ; mais après la séparation, cette goutte tombe, & l'eau remonte dans le tube. Un tube plus étroit étant plus courbe, & ses parties intérieures étant plus convergentes, concourent en plus grand nombre à l'élévation d'une particule de fluide ; donc 1°. l'eau doit monter avec plus de vîtesse dans un tube étroit que dans un plus large. 2°. Si la capacité du tube n'est pas uniforme, une goutte d'eau attirée par deux anneaux de diametres inégaux, se portera toujours vers le plus étroit, comme l'expérience l'apprend. 3°. Une goutte d'huile placée sur un miroir horizontal *D E* (*fig.* 108), qui touche supérieurement le miroir *A C*, se meut vers la jonction *A D* de ces miroirs avec un mouvement accéléré, & ne s'arrête que lorsque l'on a élevé suffisamment les extrêmités *A* & *D* ; ce qui vient de ce que les miroirs se rapprochent de plus en plus l'un de l'autre en allant vers *A D* ; de sorte que la goutte *B* s'applatissant, il y a plus de parties exposées

à l'action des forces attractives de ces miroirs. 4°. Dans un tube composé d'anneaux dont les diametres sont inégaux, celui qui est plus étroit suspend l'eau à une plus grande hauteur que celui dont le diametre est plus grand : car quoique ce dernier ait plus de parties, & une plus grande force absolue, cependant les forces des particules du premier étant plus convergentes, & cet anneau attirant une même particule d'eau par un plus grand nombre de ses parties, doit suspendre la liqueur à une plus grande hauteur.

74. Dans les tubes coniques droits, toute la surface interne qui répond à l'eau élévée, concourt à élever & à soutenir la liqueur. Dans les tubes cylindriques, le seul anneau supérieur soutient le fluide, parce que les forces des inférieurs se détruisent mutuellement : mais dans les tubes coniques les anneaux étroits ont plus de force relative, comme il suit de ce que nous venons de dire ; c'est pourquoi toute leur action n'étant pas détruite par les anneaux inférieurs, ils

doivent ſoutenir la liqueur par leur excès de forces. Si la partie la plus large d'un tube composé *A B* (*fig. 115*), ne peut ſoutenir l'eau qu'à la hauteur *E*, & qu'on rempliſſe le tube juſques en *D*, elle reſtera ſuſpendue à la hauteur *B D*, pourvu que la partie *A C* ſoit telle qu'un tube de même diametre puiſſe ſuſpendre l'eau à la hauteur *B D*. Mais ſi on renverſe le tube, l'eau reſtera ſuſpendue à la hauteur *F G*, à laquelle un tube dont le diametre ſeroit égal à celui de l'anneau *E* pourroit la ſoutenir. Dans le tube droit, l'anneau *D* porte un cylindre mince *B D*, le reſte de la liqueur étant ſoutenu par la voûte *C* & par quelques anneaux du tube *A C* qui ont une forme conique vers C. Mais dans le tube renverſé, les parties G & *D* empêchent l'élévation de l'eau : & quoique la maſſe fluide élevée ſoit plus petite que ſi le tube avoit par-tout la même groſſeur qu'il a en *F*, l'anneau *F* n'eſt pas moins chargé, la partie *G D* compenſant par ſon action le poids de l'eau qui manque.

Si dans le tube droit la hauteur de l'eau élevée eſt plus grande que celle qui eſt due au diametre du tube *C B*, ſi l'on touche avec le doigt mouillé l'orifice *A*, de maniere qu'il y entre une goutte de liqueur, l'eau s'arrêtera à la hauteur *e*, par exemple, plus grande que celle à laquelle elle reſteroit ſuſpendue dans un tube du diametre *C B*, ce qui n'arrive pas dans le vuide. Pour comprendre la raiſon de ce phénomene, il faut faire attention que la goutte d'eau *A D* eſt pouſſée vers *B* par ſon propre poids, la preſſion de l'athmoſphere, & l'attraction de l'anneau *D*: mais la partie *D A* étant conique, l'anneau *A* qui eſt plus étroit, a plus de force que l'anneau *D*; ainſi par cet excès de force il détruit une partie de la preſſion de l'athmoſpere, qui preſſe du côté de *A* avec toute ſa force; donc l'eau doit s'élever non ſeulement par la force du tube capillaire *C B*, mais encore par l'excès de preſſion de l'athmoſphere, de maniere que le poids de la colonne *B e*, joint à l'action effective de l'air qui agit en *A*, doit faire équili-

bre avec une force égale à celle de l'air extérieur qui agit en *B*, & à celle de la force attractive du tube *C B*.

75. Si l'eau est bien purgée d'air, elle restera suspendue à une plus grande hauteur, ses parties étant plus serrées & pouvant s'approcher plus près des parois du tube qui les attirent alors avec plus de force. C'est par la même raison que le mercure purgé d'air reste quelquefois suspendu dans les tubes des barometres à la hauteur de 60 ou 70 pouces; mais lorsqu'on secoue le tube, ou qu'on introduit quelque bulle d'air, on diminue les effets de l'attraction, on éloigne un peu les parties du mercure de celles du verre, & cette liqueur descend promptement à la hauteur ordinaire.

76. Si nous en croyons un Savant, on peut suspendre le mercure à une hauteur très-considérable, même de 112 pouces, par une méthode très-ingénieuse, sans le purger d'air ni des autres parties hétérogenes qu'il contient. Ayant rempli un tube de barometre de mercure jusqu'à une cer-

taine hauteur, on achevera de le remplir avec de l'eau ſalée, de l'eau douce, de l'eſprit de vin, &c. Alors en fermant l'orifice du tube avec le doigt, & le plongeant ainſi fermé dans le mercure ſtagnant contenu dans un vaſe afin d'empêcher que l'air n'entre dans le tube, on inclinera ce tube de maniere qu'on laiſſera un certain eſpace vuide pour recevoir l'air qui ſe dégage de la liqueur qui nage ſur le mercure : ayant enſuite diminué cet eſpace, (en inclinant davantage le tube à l'horizon), & ayant de nouveau appliqué le doigt à l'orifice, on renverſe le tube afin que la bulle d'air dégagée puiſſe s'échapper librement en ſortant par l'orifice. A la place de cet air qui vient de ſortir du tube, ajoutez du mercure, & vous y prenant comme la premiere fois, chaſſez encore de nouveau l'air du tube s'il y en a, & continuez juſqu'à ce qu'il ne reſte aucun air ſenſible dans le tube, & redreſſant alors lentement le tube ; le mercure reſtera ſuſpendu à une hauteur très-conſidérable, la liqueur, (qui peut reſter dans le

tube en petite quantité), nageant au-dessus du mercure (1).

Cet effet ne peut-il pas être attribué à une couche très-mince de la liqueur qu'on met dans le tube avec le mercure, couche qui étant interposée entre le verre & le mercure, augmente les effets de la force attractive du verre, comme la graisse & l'huile augmentent la force avec laquelle deux morceaux de marbre polis adherent ensemble?

77. Si on remplit d'eau le tube capillaire *A B P C* (*fig. 116*), fait en forme de siphon, & dont les branches peuvent différer, soit par leur longueur, soit par leur diametre, l'eau ne coulera pas, si la différence des longueurs des branches est égale à la hauteur à laquelle la liqueur pourroit être élevée par la force attractive de l'anneau qui devroit la laisser couler; elle ne coulera pas non plus, si cette différence est plus petite: mais elle coulera par la branche la plus

(1) *Asclepius, epist. ad nob. & excelsum comitem Almanum Isolanum, Senatorem Bononiensem. Rom.* 1767.

longue, si cette différence est plus grande. En effet, l'attraction de l'anneau *A a* qui retarde l'écoulement par l'orifice *C*, doit être surmontée par le poids de la colonne *D C*; car si l'on ôtoit la partie du tube *D C*, la pression de l'athmosphere empêcheroit l'écoulement de l'eau; puisque nous supposons ici que la branche *B A* n'est pas trop longue; la colonne *P C* peut donc couler par l'excès de sa pesanteur, pourvu que cet excès soit plus grand que la force attractive de l'anneau *A a*. Lorsque l'écoulement a une fois commencé, & que l'eau *a A* est montée dans la petite branche, de *A* en *f*, la différence des colonnes *f B*, *P C* augmentant, l'écoulement continuera. Si l'orifice de la branche la plus courte touche la surface de l'eau d'un vase, l'eau coulera par la branche la plus longue, quelle que soit la différence des branches du siphon. En effet, dans ce cas, l'action de l'anneau *A a* sur la colonne *B A* cesse entierement, la pression de l'athmosphere poussant continuellement vers cet anneau une nouvelle liqueur, & rien ne doit alors

empêcher l'écoulement de la colonne *D C*; mais si l'on applique à la surface de l'eau l'orifice de la branche la plus longue, après avoir préalablement rempli le siphon de liqueur, elle ne s'écoulera point par cette branche, à moins que la différence de la longueur des branches ne soit plus grande que la hauteur due à l'anneau qui forme l'orifice de la branche la plus courte; parce que dans ce cas l'eau du vase ne doit contribuer en rien à l'écoulement qui dépend du poids de la colonne *D C*, & de l'attraction de l'anneau *A a* que l'eau abandonneroit en coulant par l'orifice de l'autre branche. C'est pourquoi lorsque l'eau coule, elle doit toujours couler par l'orifice de la plus grande branche.

78. Mais si les branches d'un siphon capillaire vuide d'air ont des diametres égaux & de longueurs inégales, quoique la branche dont l'orifice est appliqué à l'eau, soit plus petite que la hauteur à laquelle ses anneaux pourroient élever la liqueur, l'eau montera & remplira tout le siphon. Si la branche qui ne touche pas l'eau

eſt la plus courte, la liqueur ne coulera pas; ſi elle eſt plus longue, l'écoulement aura lieu. Si l'autre branche eſt trop longue, la liqueur ne remplira pas le ſiphon.

79. Si l'on enduit de ſuif la ſurface interne d'un tube composé de deux autres dont l'un ſoit plus étroit, le mercure montera au deſſus du niveau dans le plus étroit, & ſa ſurface ſera concave, ainſi que l'aſſure M. Petit. Ce phénomene s'explique facilement en diſant qu'il y a une plus forte attraction entre le mercure & le ſuif, qu'entre les molécules du mercure.

Le P. Gerdil, qui a fait un livre entier pour prouver l'incompatibilité de l'attraction avec les phénomenes des tubes capillaires, aſſure que le mercure, bien-loin de monter dans un tube d'or, à peine arrive jusqu'au niveau, & que même il ne parvient pas jusqu'au niveau, lorſque le tube n'a qu'un tiers de ligne de diametre: mais il convient que le frottement du mercure & la réſiſtance qu'il oppoſe à la déſunion de ſes parties, eſt la véritable cauſe qui l'empêche de monter. On ſait que le mercure adhere

étroitement à l'or, & qu'il le réduit avec lui en amalgame ; il paroît donc bien ſingulier qu'il ne monte pas dans les tubes capillaires d'or, comme l'eau dans ceux de verre. On ſe tirera d'embarras en diſant que le mercure ne peut parvenir à la diſtance à laquelle l'or exerce une attraction capable de vaincre celle des particules du mercure, qu'après avoir franchi un certain intervalle dans lequel il trouve des petites forces répulſives qu'il faut vaincre ou par une preſſion ou par ſon poids. A ces forces répulſives ſuccede une attraction aſſez conſidérable. Il paroît auſſi qu'on peut expliquer par le même principe un phénomene obſervé par M. de Morveau. Selon ce Phyſicien, ſi l'on enduit deux glaces d'une couche de ſuif d'une ligne d'épaiſſeur, & qu'on les approche à un huitieme de ligne l'une de l'autre, l'eau montera entre ces glaces de plus de deux lignes. Si l'une des deux ſeulement eſt enduite de ſuif, & qu'on les approche à la diſtance d'un quart de ligne, l'eau dans laquelle on les plonge, & même l'eau diſtillée dans laquelle il n'y a

pas de ſels, montera encore entre les glaces. Ce qui prouve que quand l'eau a franchi un petit eſpace répulſif qui l'éloigne du ſuif, elle en eſt enſuite attirée. La cauſe qui fait franchir à l'eau cet eſpace répulſif, paroît être la même que celle qui agit pour la maintenir au niveau dans l'endroit où l'on plonge les glaces. Au reſte, nous donnons ceci comme une conjecture que nous ſoumettons volontiers au jugement des Phyſiciens, & nous recevrons avec reconnoiſſance ce que les Savans jugeront à propos de propoſer ſur cet article, pourvu que leurs vues ſoient fondées ſur les loix de la ſaine phyſique ou ſur de bonnes obſervations.

80. Hauksbée attribue la ſuſpenſion de l'eau au deſſus du niveau à l'action de toute la ſurface qui répond à l'eau élevée; mais nous avons vu que les forces des anneaux intermédiaires ſe détruiſent mutuellement; ainſi elles ne peuvent concourir à la ſuſpenſion de la liqueur. Scherffer penſe que le ſeul anneau inférieur contribue à l'élévation de l'eau, & que l'anneau ſupérieur n'y a aucune part. Suppo-

ſons deux tables de verre *A m*, *B n* (*fig.* 117) plongées dans une eau ſtagnante, & que les parties de ces tables ſituées au deſſous du niveau, (que nous ſuppoſons repréſenté par la ligne *mn*), ſoient anéanties; la particule d'eau placée en *d*, ſera attirée par les points *m* & *n* de ces tables avec des forces que l'on peut repréſenter par *d m* & *d n*; ſi l'on décrit le parallélogramme *d m p n*, la diagonale *d p* repréſentera la combinaiſon de ces forces ou la force totale qui éleve la particule *d*; cette particule eſt pouſſée dans l'intérieur du tube par l'action de la liqueur placée au deſſous de *d*; parce que la molécule *d* peſe moins ſur cette liqueur qu'elle ne faiſoit auparavant, étant attirée par la force combinée *d p* des tables de verre. Et l'eau montera, en ſuppoſant même que les ſeuls points *m* & *n* des tables ſont doués d'une force attractive; la liqueur s'arrêtera lorſque le poids élevé ſera égal à la force attractive des tables. Mais plus les tables ſeront rapprochées, plus la couche élevée ſera mince, plus grande ſera la force attractive des tables ſur les particules *d* du milieu,

& plus grande ſera l'élévation de la liqueur. Si l'on ſuppoſe maintenant qu'on courbe les tables pour en faire des tubes capillaires, la force attractive de leur anneau inférieur ſera ſuffiſante pour élever l'eau, & cette élévation ſuivra la raiſon renverſée des diametres des tubes, comme elle ſuit la raiſon inverſe des diſtances des tables; car les forces qui peuvent élever la particule *M* (*fig. 116*) au deſſus du niveau de l'eau, que nous ſuppoſons en *A a*, agiſſent avec d'autant plus d'avantage & ſont d'autant plus grandes, que le diametre du tube eſt plus petit.

81. Voici maintenant une autre méthode bien digne d'attention, par laquelle on peut expliquer d'une maniere plauſible les phénomenes des tubes capillaires. Si l'on plonge dans l'eau un tube de verre fort étroit, il prend la place d'un égal volume de fluide; mais parce que les parties du verre ont plus de denſité & de force attractive que celles de l'eau, les particules d'eau qui ſe trouvent préciſément au deſſous du tube, ſont attirées

vers le haut, plus qu'elles ne l'étoient quand au lieu du verre, il n'y avoit que de l'eau; ainsi la colonne d'eau qui répond à l'ouverture du tube, est soulevée par l'attraction du tube, de maniere qu'elle ne peut plus faire équilibre avec les autres colonnes d'eau voisines, à moins qu'en devenant plus longue, l'excès de sa hauteur ne compense sa légereté. Il est donc nécessaire que cette colonne monte dans le tube & s'éleve au dessus du niveau des autres. Soit *BG* (*fig.* 118) un tube de verre plongé dans l'eau du vase *S V* jusqu'en *E*, une particule d'eau *A*, placée par exemple au dessous de ce tube, est attirée par la masse du tube de verre plus qu'elle ne l'étoit par l'eau dont il a pris la place; c'est la même chose pour toutes les autres particules d'eau situées au dessous de *B*, dans l'étendue de la sphere d'attraction du verre que je suppose s'étendre jusqu'en *A*. Considerons maintenant l'eau qui est dans le tube *B* jusqu'en *C*, en supposant l'espace *C B* de la même longueur que *B A* ou que la sphere d'activité du verre, il est visible que si l'on

prend une particule *a* à la moitié de l'intervalle *A B*, & une particule *c* à la moitié de l'intervalle *C B*, ces deux molécules seront également attirées; l'une par le tube *B C*, à la distance *B A*, l'autre par le verre *C D*, à la distance *C c*: car l'attraction du verre comprise dans la longueur *C c*, étant détruite par celle de la partie inférieure & égale *c B*, la particule *c* est dans le même état, par rapport à la partie *C D* du tube, & à la même distance que la particule *a* par rapport à *B C*; ainsi elle est également attirée par le verre *C D* de bas en haut. Il en est de même de toutes les particules d'eau comprises dans l'espace *A B*, comparées avec celles qui sont dans un espace égal *C B*. Il est donc visible qu'il y a deux tubes de verre ou deux portions de tube *B C* & *C D*, qui agissent en même temps pour élever l'eau, & dont chacune est égale à la longueur de la sphere d'attraction du verre. A l'égard des parties du tube situées au dessus du point *D*, elles n'ont aucune force effective, parce que l'action des parties supé-

rieures eſt anéantie par celles qui ſont immédiatement au deſſous.

Mais il y a une troiſieme cauſe d'élévation qui vient de la partie *G E* du tube qui eſt hors de l'eau, & qui agit à la ſurface de l'eau intérieurement de bas en haut, pour ſoulever les molécules voiſines du fluide. Il faut convenir cependant que la partie *E B* du tube, placée au deſſous du niveau de la ſurface de l'eau, agit également en ſens contraire; mais on doit faire attention que celle-ci a pris la place d'un tube d'eau qui agiſſoit auſſi avant qu'on préſentât le tube de verre, enſorte que la nouvelle attraction additionnelle qui vient de la partie *E G* de ce tube, n'eſt pas toute détruite par la partie inférieure; car les parties ſituées à la ſurface de la liqueur, ont il eſt vrai de bas en haut, une attraction toute nouvelle qui n'exiſtoit pas avant que le tube de verre y fût plongé; mais elles ont de haut en bas une attraction dont une partie exiſtoit déjà, puiſqu'il y avoit de l'eau à la place du verre. Avec un peu d'attention il eſt aiſé de

voir que cette nouvelle cause équivaut à un tube d'eau qui seroit placé au dessus de celle du vase, & qui auroit le même diametre que le tube de verre. En effet, imaginons que le tube *F E D* tant au dedans qu'au dehors de l'eau, soit converti en un tube d'eau. Cette hypothese ne change rien à l'égalité & à la destruction des forces opposées *E F*, *E D*; mais alors tout se passe au dedans du vase, comme dans l'état naturel; ainsi le tube de verre, qui faisoit le même effet, étoit équivalent à un tube d'eau qui auroit été placé au dessus du niveau du vase.

82. Soit représenté par 5 l'attraction totale d'un petit tube de verre *B C*, d'une longueur égale à la sphere d'activité du verre, & désignons par 2 l'attraction du tube d'eau de même longueur; alors, selon ce que nous avons dit ci-dessus, les particules d'eau placées sous le tube de verre, sont attirées par la partie *B C*, plus qu'elles ne l'étoient quand il y avoit de l'eau à la place du verre, de la quantité 3; c'est dans notre supposition, la différence des attractions du verre & de

l'eau. Nous avons encore remarqué qu'il a aussi une semblable portion de verre *C D*, qui doit produire le même effet, & dont par conséquent la force effective est exprimée par 3; de sorte que vers l'extrêmité du tube il y a une force 6, qui souleve les molécules de l'eau, & les pousse vers l'intérieur du tube. Il y a de plus au dessus de la surface de l'eau une attraction du verre représentée par 5, tandis qu'il y a au dessous une attraction contraire représentée par 3. Retranchant celle-ci de l'attraction 5, il restera 2 qu'il faut ajouter à la force 6; le résultat 8 (qui est la différence entre 10, qui exprime une force double de celle du verre, & 2 qui désigne la force de l'eau), sera la force totale que le verre exerce sur l'eau du vase pour la faire monter dans le tube. Il est donc évident que l'eau monteroit encore, en supposant seulement que 10, ou le double de la force du verre fût un peu plus grand que la force de l'eau; aussi l'expérience apprend que les tuyaux de plume, quoique plus légers que l'eau, font cependant monter ce fluide.

83. Lorſqu'un tube ne fait que toucher l'eau, ſon action eſt toujours exprimée par 8, comme quand le tube eſt à la ſurface de l'eau; car les attractions de deux parcelles de verre, *C B*, *C D* ont alors lieu ſans aucune déduction; puiſque n'ayant pas pris la place de l'eau comme dans l'autre cas, elles forment une nouvelle action qu'il faut conſidérer en entier, & qui eſt = 10. Mais auſſi la colonne capillaire d'eau qui eſt dans le tube, eſt pouſſée en ſens contraire par l'attraction de toutes les molécules d'eau ſituées au niveau du vaſe; & cette action 2 qui a lieu ſur cette colonne, n'a pas de même lieu ſur les autres; de ſorte que la force qui tend alors à élever l'eau, eſt = 8.

Quelqu'un penſera peut-être que ſi la ſphere d'attraction du verre eſt très-petite, par exemple, d'un quart de ligne, il ne doit monter dans le tube que la valeur d'un quart de ligne d'eau. Cela arriveroit veritablement, ſi l'attraction du verre ne faiſoit ſimplement que diminuer la peſanteur des parties voiſines, & leur donner la facilité de monter dans le tube;

mais le verre exerce dans cet eſpace d'un quart de ligne, une action beaucoup plus forte que le poids d'un quart de ligne d'eau; ainſi ce quart de ligne d'eau, en cedant à l'attraction du tube, ſoulevera toute l'eau dont il eſt chargé, & par ſon adhérence, entraînera les parties qui la ſuivent.

On pourra demander encore pourquoi un tube plus épais ne fait pas monter l'eau plus qu'un tube mince; cela vient de ce que les ſeules parties du verre très-proches de l'embouchure peuvent agir efficacement pour faire monter l'eau dans le tube. Les autres parties qui ne ſont pas extrêmement voiſines de la lumiere du tube, quoiqu'elles ſoient allégées ou ſoulevées par l'attraction, ne recevront qu'une impreſſion, qui, communiquée à toutes les parties de l'eau du vaſe, ſe diſperſera dans toute ſon étendue, & ne produira aucun effet ſenſible.

Le ſavant M. de la Lande, ayant fait rapporter au feu de lampe deux branches capillaires, qui s'ouvroient l'une & l'autre dans une troiſieme branche, comme on le voit dans la

(*fig* 118. *P*)

(*fig.* 118. *P*), & qui faisoient entr'elles un fort petit angle, observa qu'en plongeant dans l'eau les deux branches *A B*, *A C* jusqu'en *E*, l'eau s'élevoit jusqu'en *F*, à la même hauteur à laquelle la branche *A B* seule pouvoit la soutenir. Cela vient de ce que la partie *A*, c'est-à-dire, le sommet de l'angle des deux branches, & toutes les parties environnantes agissent en sens contraire de haut en bas sur la colonne d'eau *A F*, & détruisent visiblement une partie des attractions qui avoient lieu vers *B* & *C*, de maniere qu'il ne reste que la valeur de l'attraction d'un seul tube.

84. Si l'on plonge dans du mercure un tube qui ait une force attractive moindre de plus de moitié que celle du fluide; celui-ci, au lieu de s'élever, restera au dessous du niveau. Les partisans de l'attraction Newtonienne disent qu'alors les particules du mercure moins attirées par le verre qu'elles ne l'étoient par un égal volume de mercure, doivent avoir moins de légereté qu'auparavant, & monter moins haut; ensorte

qu'à confidérer les effets feulement ; les chofes fe paffent de la même maniere que fi le verre repouffoit le mercure, & que cette répulfion fuivît la raifon inverfe des diametres des tubes. C'eft pourquoi lorfqu'on plonge deux tables de verre *A D*, *A C*, (*fig.* 119) qui forment entr'elles un angle fort aigu, dans du mercure, dans l'étain fondu, le fluide s'éleve entre ces tables, & forme une courbe *B G K*, de maniere que la plus grande hauteur *D K* au deffus du niveau, répond au plus grand intervalle qu'il y a entre les lames de verre. On peut rendre raifon de ce phénomene, en difant que fi l'attraction du verre eft exprimée par 5 comme nous l'avons fuppofé ci-deffus, & celle du mercure par 12, par exemple, la différence du double de 5 ou de 10, par rapport à 12 qui exprime l'attraction du mercure, fera repréfentée par un défaut ou quantité négative, que les Géometres expriment par—2 ; de forte que le mercure ne s'élevera pas jufqu'au niveau, la force qui le retient au deffous, étant =2; & comme l'élévation du fluide entre les tables de

verre dont nous venons de parler, & dans les tubes capillaires, doit être en raiſon inverſe des diſtances qu'il y a entre les points correſpondans de ces tables, & en raiſon inverſe des diametres des tubes, le mercure s'élevera moins haut dans les endroits où les tables ſont moins diſtantes, & plus haut dans les lieux où ces tables ſont plus écartées; dans les tubes capillaires l'abaiſſement au deſſous du niveau ſera d'autant plus grand que le diametre du tube ſera plus petit.

Nous terminerons cette matiere en faiſant remarquer à nos Lecteurs que ſelon la nature du verre dont on fait uſage, & les liqueurs différentes dans leſquelles on plonge les tubes capillaires, l'aſcenſion doit être différente; car toutes ces choſes font varier la force reſpective avec laquelle les tubes de même diametre agiſſent pour élever les liqueurs.



CHAPITRE VII.

On prouve l'existence de l'Attraction par d'autres Phénomenes.

85. EN appliquant les bases polies de deux cylindes, armés de deux anneaux *EF*, *GH* (*fig.* 120), l'inférieur adhere au supérieur, comme Mussenbroek l'a observé. Ce Physicien prit deux cylindres qui portoient des bases de verre blanc dont les diametres étoient d'un pouce rhenan & onze lignes; les ayant appliqués l'un à l'autre, le poids du cylindre inférieur ne fut pas suffisant pour le séparer du supérieur. Ayant été mouillés, il fallut ajouter à l'inférieur le poids de 9 onces pour le séparer de l'autre; on eut aussi besoin du même poids en faisant l'opération dans l'eau. Les ayant oints avec de l'huile de raves, il falloit employer un poids de 8 onces & demie pour les séparer. Les ayant fait chauffer & enduits ensuite de suif, on ne les séparoit quand ils étoient refroidis, qu'avec un poids de 298 livres. Lorsqu'on faisoit l'expérience avec la cire

jaune, on avoit beſoin d'un poids de 230 liv., & ſi l'on tentoit l'expérience avec de la poix, le poids devoit être de 850 liv. Dans ces dernieres expériences la ſéparation s'eſt faite par le même degré de froid, le thermometre de Fahrenheit étant au 50[e] degré. On prit les mêmes précautions dans les expériences ſuivantes.

Deux cylindres de cuivre jaune, de même diametre que les précédens, adhéroient l'un à l'autre avec une force de deux grains, lorſqu'ils étoient ſecs; c'eſt-à-dire, qu'il falloit ajouter un poids de deux grains au cylindre inférieur pour le ſéparer du ſupérieur. Lorſqu'on les mouilloit avant de les appliquer l'un à l'autre, l'adhérence étoit de deux onces; ſi l'on employoit de l'huile de raves, elle étoit de 18 onces; ſi on employoit le ſuif, on avoit beſoin de 800 livres pour ſéparer les cylindres; la cire exigeoit 900 livres; en employant la poix, & ajoutant au cylindre inférieur un poids de 1400 livres, les anneaux ſe rompoient & les cylindres reſtoient unis. Deux cylindres de marbre blanc dont les dia-

metres étoient de deux pouces & une ligne, étant frotté avec de la cire, ne pouvoient être séparés que par un poids de 1250 livres, & il falloit employer une force de 200 livres lorsqu'on avoit frotté les cylindres avec du suif. Si l'on fait attention à la force & au poids de l'air, ou bien encore si l'on fait de semblables expériences dans la machine de Boyle, on conviendra facilement que cette cohésion ne peut pas être attribuée à la seule pression de l'air; & qu'elle doit son origine aux forces attractives qui unissent entr'elles les molécules des corps solides.

86. Nous avons dit dans la premiere Section, que la lune tourne autour de la terre, & qu'elle est retenue dans son orbite par une force centrale qui la pousse continuellement vers notre globe. On sait aussi que les planetes font leurs révolutions au tour du soleil, & qu'elles s'échapperoient par la tangente de leurs orbites, si une force centripete ne les poussoit continuellement vers l'astre du jour. Mais d'où pourroit venir une telle force centripete, sinon de l'at-

traction? Nous savons encore que la force de la gravité pousse tous les corps terrestres vers le centre de la terre, par des lignes perpendiculaires à la surface de notre globe; & cela doit être ainsi dans les principes que nous avons établis ci-dessus; car pourquoi un globe attireroit-il un corps dans une direction qui ne passeroit pas par son centre? Cependant les effets que produiroit l'attraction sur les pendules, sont un peu diminués par la force centrifuge qui a lieu dans les différens points de notre globe. En effet, selon ce que nous avons dit ailleurs, la terre tournant sur son centre dans l'espace d'environ 24 heures, la force centrifuge à l'équateur est plus grande qu'en allant vers les poles où elle devient nulle; c'est pourquoi la force de la gravité qui fait faire les oscillations aux pendules, doit diminuer à proportion qu'on s'éloigne de l'équateur, pour s'approcher des poles. Si l'on conçoit un cercle de la terre qui passe par les poles & l'équateur, un lieu situé sur ce cercle, aura une distance à l'équateur, qui étant comptée par les de-

grés, minutes, secondes, &c. du cercle dont nous venons de parler, s'appelle la *latitude* de ce lieu. C'est pourquoi si l'on observe la longueur du pendule à secondes dans divers pays, on trouvera qu'elle n'est pas la même par-tout, & si l'on examine deux pendules à secondes, placés l'un à l'équateur & l'autre à une certaine distance de ce cercle, le dernier sera plus court que le premier.

Voici une Table qui pourra donner une idée suffisante de la maniere dont la gravité augmente à proportion qu'on s'éloigne de l'équateur, & à proportion qu'on avance vers les poles : la premiere colonne représente des pouces, la seconde des lignes, & la troisieme des centiemes de lignes.

	Longueur du Pendule à secondes.		
Sous l'équateur, à 2434 toises de hauteur, (M. Bouguer, fig. de la terre, p. 342).	36 p.	6 lig.	70.
Sous l'équateur, à 1466 toises, par le même.	36	6	83.
Sous l'équateur, au niveau de la mer, par le même.	36	7	7.
A Portobelo, latit. 9°, 34', par le même.	36	7	16.
Au Petit Gouave, dans			

l'Isle de St. Domingue 18°, 27', par le même.	36	7	33.
Au Cap de Bonne-Espérance 33°, 55', (Mémoire Académ. 1751).	36	8	7.
A Genéve, 46°, 12', par M. Mallet, avec le pendule invariable.	36	8	17.
A Paris, 48°, 50', (Mém. Acad. 1735), par M. de Mairan.	36	8	52.
Par M. Bouguer, après les réductions faites.	36	8	67.
A Leyde, 52°, 9', par M. Lulofs.	36	8	71.
A Péterſbourg, 59°, 56', par M. Mallet.	36	8	97.
A Pello, 66°, 48', (M. de Maupertuis, fig. de la terre).	36	9	17.
A Ponoï, en Laponie, 67°, 4', par M. Mallet.	36	9	17.

On dit qu'un Phyſicien, habitant des montagnes du Valais, a trouvé qu'une excellente pendule à ſecondes, placée à 514 toiſes de hauteur, s'eſt accélérée en 90 dix jours de 20' 22''; que la même pendule à 210 toiſes de hauteur, s'eſt accélérée de 15'4'' en

175 jours; & qu'enfin à 847 toises elle s'est accélérée en 61 jours de 21' 5''. (Voyez le Journal des Beaux Arts, Décembre 1771). Si tout fait rapporté par un Journaliste, étoit incontestable, il suivroit delà que la pesanteur est augmentée à peu près en raison de l'élevation, tandis que selon la théorie ordinaire, elle doit être en raison inverse du quarré de la distance au centre de la terre. Mais en admettant ce fait, que nous ne garantissons pas, ne peut-on pas soupçonner que la densité de ces montagnes, & leur attraction, est plus grande que celle des couches placées à la surface de la terre, & que c'est cet excès qui a produit l'accélération dont on vient de parler?

87. Le grand Descartes attribue la cause de la pesanteur à un tourbillon qui tourne continuellement autour de l'axe de la terre. Quoique ce Philosophe convienne que Dieu a créé le monde; il se propose néanmoins d'expliquer comment l'éternel Architecte auroit pu former cet Univers d'un grand amas de matiere homogene qu'il auroit d'abord créé, pen-

ſant que le monde eſt gouverné & conſervé par les mêmes loix par leſquelles ſes différentes parties auroient pu être arrangées au commencement des ſiecles. Il demande premierement qu'on ſuppoſe que le grand Etre a créé d'abord une grande maſſe de matiere homogene, ſans aucun vuide, & qu'il l'a diviſée en parties très-petites d'une figure à peu près cubique. Il ſuppoſe en ſecond lieu, que le Tout-puiſſant a imprimé un mouvement double à ces parties de matiere, l'un par le moyen duquel chaque partie tourneroit autour de ſon propre centre, l'autre qui feroit tourner des grands amas de ces parties autour de quelque centre commun, & qu'il y a eu autant de centres communs qu'il y a d'aſtres. Le mouvement circulaire des parties de la matiere autour de leurs centres, & des centres communs, a briſé leurs angles, & produit une pouſſiere très-ſubtile, (que ce Philoſophe appelle *matiere ſubtile*), des fragmens plus gros doués de différentes figures, enfin des globules. La *matiere ſubtile* forme le *premier élément* de Deſcartes ;

les *globules* ou la matiere æthérée forment le *second élément*; les fragmens grossiers & irréguliers que les Cartésiens appellent *matiere striate*, donnent le *troisieme élément*; & Descartes pense que tous les corps, de quelque espece qu'ils soient, résultent de la combinaison de ces élémens; les corps ignés, comme le soleil & les étoiles, sont composés de matiere subtile; les corps transparens de matiere globuleuse, & les corps opaques de *matiere striate*.

Les Cartésiens ont imaginé qu'il y a autour du soleil & des étoiles un océan immense d'une matiere très-subtile, qui tourne autour de ces astres avec une grande rapidité, & transporte avec beaucoup de vîtesse les planetes qui appartiennent au systême de chacun de ces astres; ils ont appellé cette fiction un *tourbillon*. Ils ont encore prétendu que le tourbillon solaire renfermoit un autre tourbillon qui en tournant autour de la terre, entraîne la lune, & fait descendre les corps vers le centre de notre globe; ce qui vient, si nous

en croyons Defcartes, de ce que la matiere æthérée du tourbillon terreftre, ayant plus de vîteffe que les corps terreftres, doit s'éloigner davantage du centre par fa force centrifuge, ce qui ne peut arriver, à moins que les corps terreftres ne s'approchent du même centre, comme il arrive dans un crible qu'on tourne circulairement, au centre duquel fe raffemblent les pailles, parce qu'elles ont des forces centrifuges moins confidérables que les grains de bled qui ont une plus grande maffe fous le même volume. En un mot, fi nous en croyons les Cartéfiens, les tourbillons propagent la lumiere, produifent la chûte des graves, la fermeté des corps, &c.

88. Quoi qu'il foit difficile d'admettre des fictions qui ne font appuyées fur aucune raifon folide, les Cartéfiens ont eu cependant beaucoup de partifans ; mais prefque tous les gens inftruits regardent aujourd'hui ce fyftême comme une pure fable. En effet, les cometes defcendant très-fouvent dans la région des planetes, qui fe meuvent

toutes d'occident en orient, devroient aussi se mouvoir dans le même sens, tandis qu'il y en a plusieurs qui se meuvent d'orient en occident. Ceux qui admettroient plusieurs tourbillons, qui, renfermés les uns dans les autres, se mouveroient dans différens sens, & dont chacun transporteroit une planete ou une comete, ne seroient pas moins absurdes que celui qui soutiendroit qu'il y a dans notre athmosphere autant de tourbillons paraboliques, qu'il y a des corps qui lancés obliquement, parcourent par la force de leur gravité, (du moins abstraction faite de la résistance de l'air), des arcs paraboliques : d'autre côté, comment tant de tourbillons différens renfermés les uns dans les autres ne se confondroient-ils pas ? comment le tourbillon solaire & ceux des étoiles fixes ne se troubleroient-ils pas dans leurs mouvemens ? comment le tourbillon terrestre pourroit-il produire la gravité des corps ? On sait que tous les corps commencent à tomber avec la même vîtesse, & que la cause de

la gravité agit avec la même force sur ceux qui sont en repos, & sur ceux qui se meuvent avec la plus grande rapidité; que la pesanteur des corps est proportionnelle à la masse, tandis que la pression des fluides, & par conséquent celle du tourbillon doit suivre la raison des surfaces, & agir avec moins de force sur un corps qui tombe avec une certaine vîtesse, que sur celui qui tombe avec moins de vîtesse, ou qui est en repos. Ajoutez à cela que le tourbillon terrestre se mouvant autour de l'axe de la terre, pousseroit les corps vers cet axe, & non vers le centre. Aussi l'expérience apprend que si l'on renferme une goutte d'huile dans un globe de verre rempli d'eau, & qu'on place cette goutte entre l'équateur & l'un des poles de la boule, elle ne descend point au centre lorsqu'on fait tourner le globe avec beaucoup de rapidité; mais elle forme autour de l'axe une figure qui est ordinairement cylindrique.

89. Bulfinger ayant senti cette difficulté, suppose dans le tour-

billon deux mouvemens dont les directions se croisent à angles droits, c'est-à-dire, que l'un a pour axe l'un des diametres de l'équateur, & que l'autre se fait autour de l'axe de la terre. Mais si l'on prend un globe de verre rempli d'eau, & que par le moyen d'une machine convenable on lui communique ce double mouvement, une goutte d'huile qu'on y aura renfermée, décrira une courbe, & ne descendra pas en ligne droite vers le centre du globe, tandis que les corps terrestres descendent en ligne droite vers le centre de la terre.

Mais quoique jusques-ici on n'ait pu expliquer d'une maniere satisfaisante la chûte des corps par l'action d'une matiere qui circuleroit autour de la terre, il paroît plus raisonnable à l'Abbé Nollet, à qui l'attraction ne plaît pas, de croire que d'autres pourront faire ce que les Cartésiens n'ont pas fait jusques-ici, que de regarder comme absolument impossible, ce qu'ils ont tenté inutilement. (1) En attendant ce siecle heureux,

(1) Leçons de Physique expérimentale, tome 2, page 80.

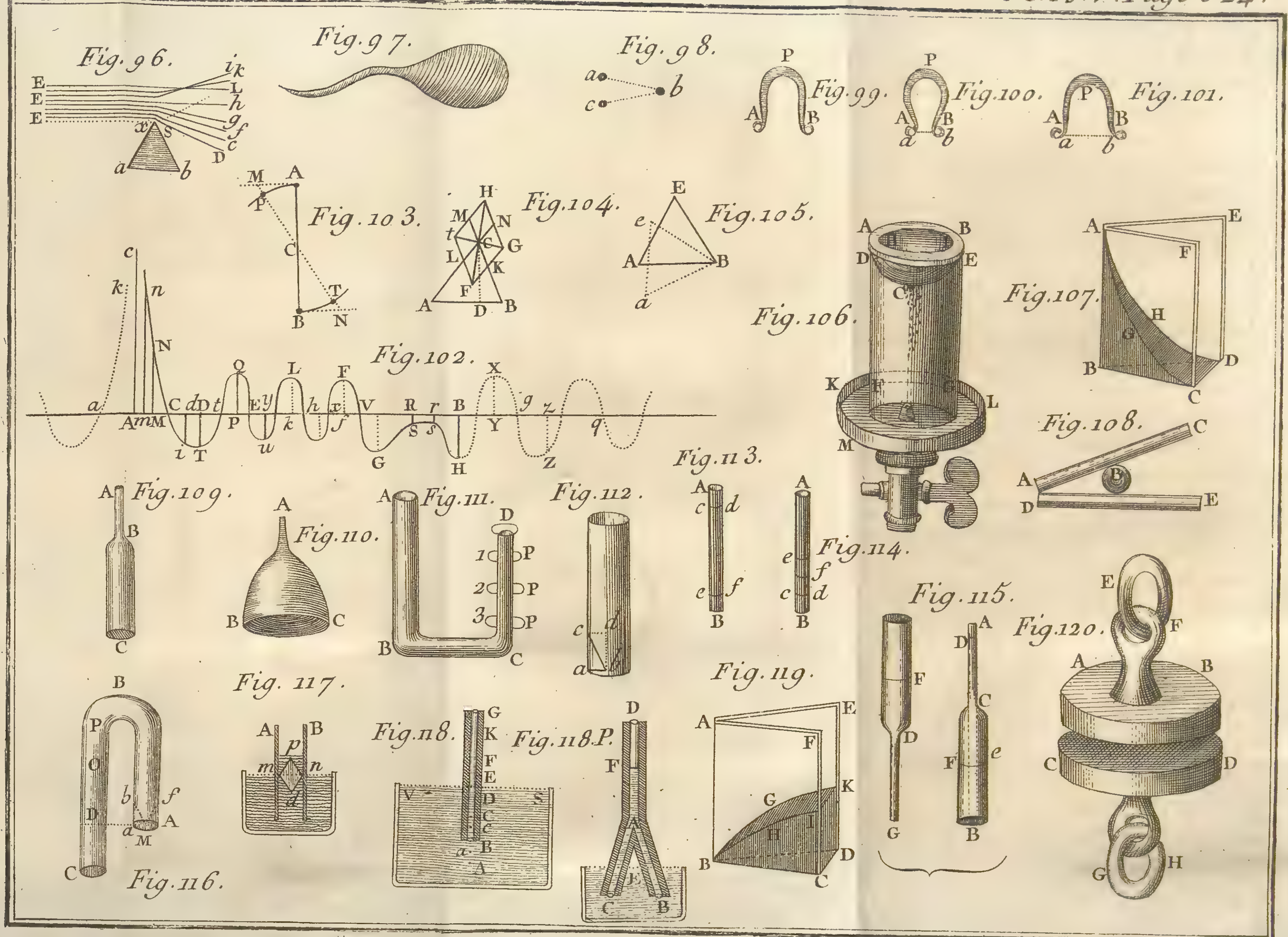
qui ne viendra pas ſi-tôt, nous remarquerons que les mouvemens des planetes autour du ſoleil, ſe faiſant dans des plans qui ſe coupent ſous différens angles, devroient depuis long-temps ſe faire dans le plan de l'équateur du tourbillon ſolaire, où le mouvement eſt le plus rapide; ce qui eſt contraire aux obſervations. Mais il eſt bien ſurprenant de voir des Philoſophes qui ſe donnent la liberté d'imaginer je ne ſais qu'elle matiere ſubtile, à l'aquelle ils donnent des formes différentes, & même des propriétés contradictoires, lorſqu'ils en ont beſoin pour expliquer les phénomenes de la nature, accuſer ceux qui ne veulent pas recevoir leurs fables, de ne rien expliquer par l'attraction & la répulſion. Que ſert-il d'amuſer la curioſité des enfans par des petites fables, des petits coins auxquels ont fait diſſoudre les matieres qu'on jette dans les menſtrues, ſans pouvoir aſſigner la cauſe qui les pouſſe dans les pores du corps qui doit être diſſout, ſi cette façon de raiſonner eſt contraire aux pemieres loix de la

nature ? les Philoſophes doivent chercher la vérité, & laiſſer les fictions aux Poëtes, auxquels cependant il n'eſt pas permis de tout oſer ; ils abuſeroient de leur droits, en accouplant les ſerpens avec les oiſeaux, ou les agneaux avec les tigres.

90. D'autres Philoſophes ont penſé que la gravité des corps venoit d'une preſſion produite par une matiere ſubtile qui pouſſoit les corps ſelon une ligne droite, ne faiſant pas attention que par les loix de l'hydroſtatique, cette matiere devroit ſe mettre en équilibre, & qu'ainſi elle ne ſauroit produire la chûte des corps. D'ailleurs, dans cette ſuppoſition, les corps n'étant point peſans, devroient plutôt être élevés que pouſſés vers le centre de la terre, comme il arrive à un morceau de bois ſpécifiquement plus léger que l'eau, qui eſt repouſſé par ce fluide. On ne dira pas, ſans doute, qu'une matiere ſubtile, en ſe portant de tous côtés vers le centre de la terre, pouſſe les corps vers le même point ; car alors l'impulſion qui ſe feroit du

côté de l'orient, feroit anéantie par celle qui fe feroit en fens oppofé, ou du côté de l'ocident; d'autres ont eu recours à certaines ofcillations d'une matiere élaftique, qui par fes impulfions continuelles, produiroit la chûte des corps vers le centre de notre globe. Mais, 1°. Ces Philofophes n'affignent point l'origine des ofcillations de ce milieu élaftique. D'ailleurs quelle eft la caufe qui retient la derniere couche de cette matiere, & la fait réagir vers notre globe, vers le foleil, &c.? C'eft à quoi ces Meffieurs ne prennent pas la peine de répondre, comme les Cartéfiens ne s'embarraffent pas non plus d'expliquer par quelle force la derniere couche du tourbillon ou des tourbillons qu'ils admettent dans l'Univers, n'obéit pas à la force centrifuge qui tend à diffiper fes parties. En effet, de tels tourbillons ne pourroient fubfifter, qu'en admettant une force centrale qui poufferoit la matiere vers un certain point; & cette force centrale ne pouvant être produite par une impulfion maté-

rielle, telle que les Cartéſiens l'admettent, ſeroit une eſpece d'attraction qu'ils rejettent. 2°. On ne fait pas attention qu'un milieu élaſtique, lorſqu'il revient de l'eſpace dans lequel il a été condenſé, tend avec la même force vers l'eſpace plus rare qu'il occupoit auparavant; enſorte qu'il ne peut produire dans les corps qu'un certain frémiſſement dans leurs molécules, & non un mouvement local. En vain on ſuppoſeroit un *æther très-ſubtil & très-élaſtique*, qui, très-rare au centre du ſoleil, iroit en augmentant de denſité juſqu'au-delà de l'orbite de Saturne, ainſi que paroît le penſer le grand Newton, dans ſon Optique, Queſtion 21e; car je demande, 1°. Comment une matiere ſi ſubtile pourroit produire dans les corps une impulſion proportionnelle à leur denſité? 2°. Si l'effort que fait cette matiere pour ſe dilater du centre vers la circonférence, n'eſt pas égal à celui qu'elle fait pour ſe dilater de la circonférence vers le centre. Si l'on dit que ces efforts ſont égaux, dans ce cas les corps ne

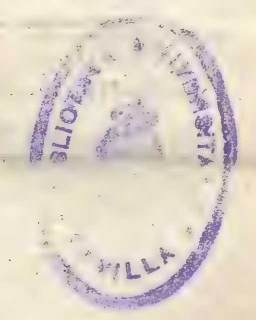


Picquet Sculp.

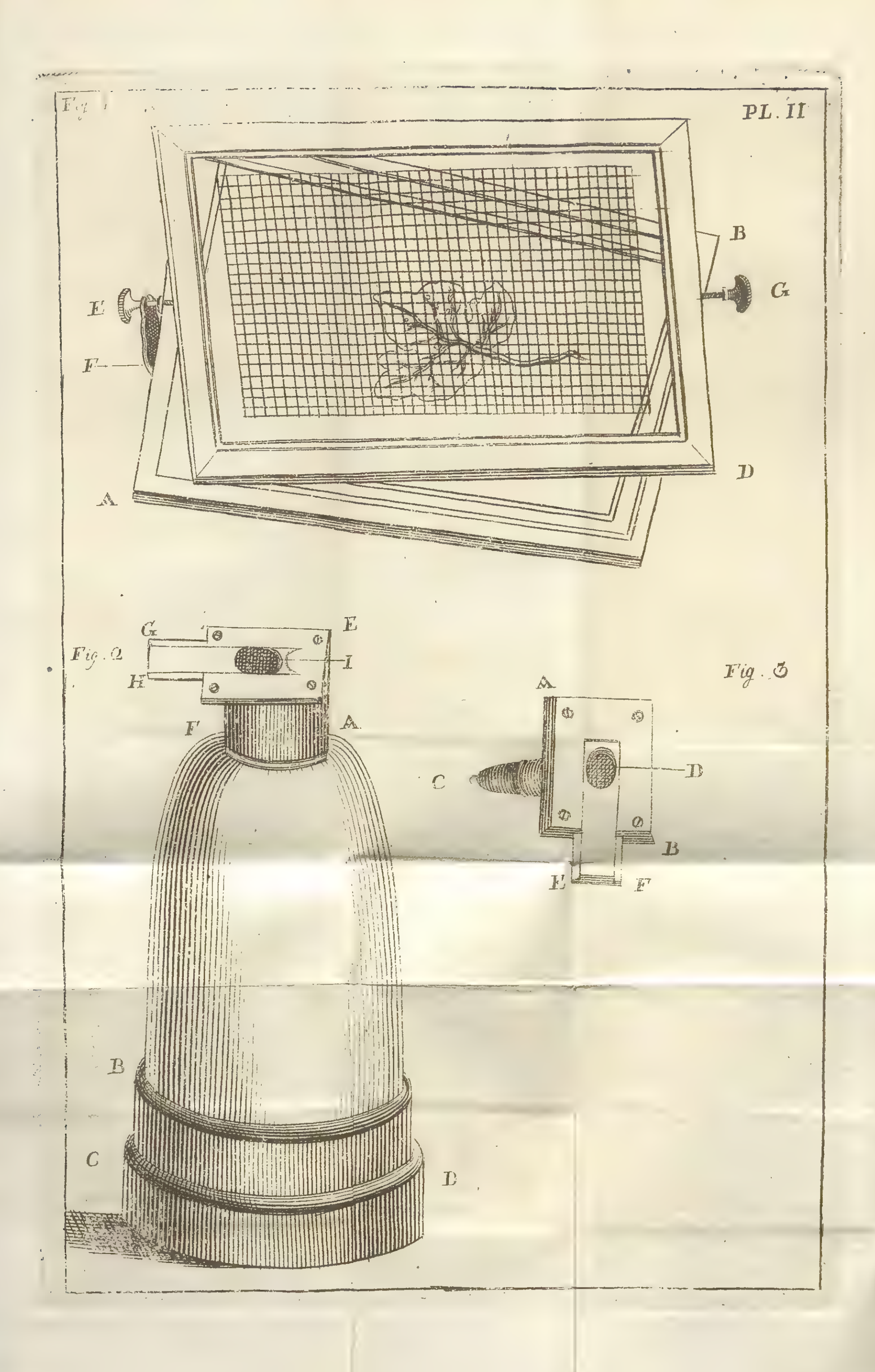


doivent pas être pouſſés avec plus de force vers le centre que vers la circonférence. Si l'on ſoutient que la force expanſive de cette matiere eſt plus grande à proportion qu'on s'éloigne du centre, je demanderai comment il peut ſe faire qu'elle ne ſe condenſe vers le centre, juſqu'à ce qu'il y ait un équilibre parfait entre toutes les parties de ce milieu. D'ailleurs, puiſque les effluences électriques troublent le mouvement des petits corps qui obéiſſent à la cauſe de la gravité; comment pourroit-il ſe faire que le milieu dont nous venons de parler, pût produire les phénomenes de la gravité, ſans troubler en même temps d'une maniere ſenſible le mouvement des corps céleſtes, qui le traverſent, (s'il exiſte), dans toutes ſortes de directions?

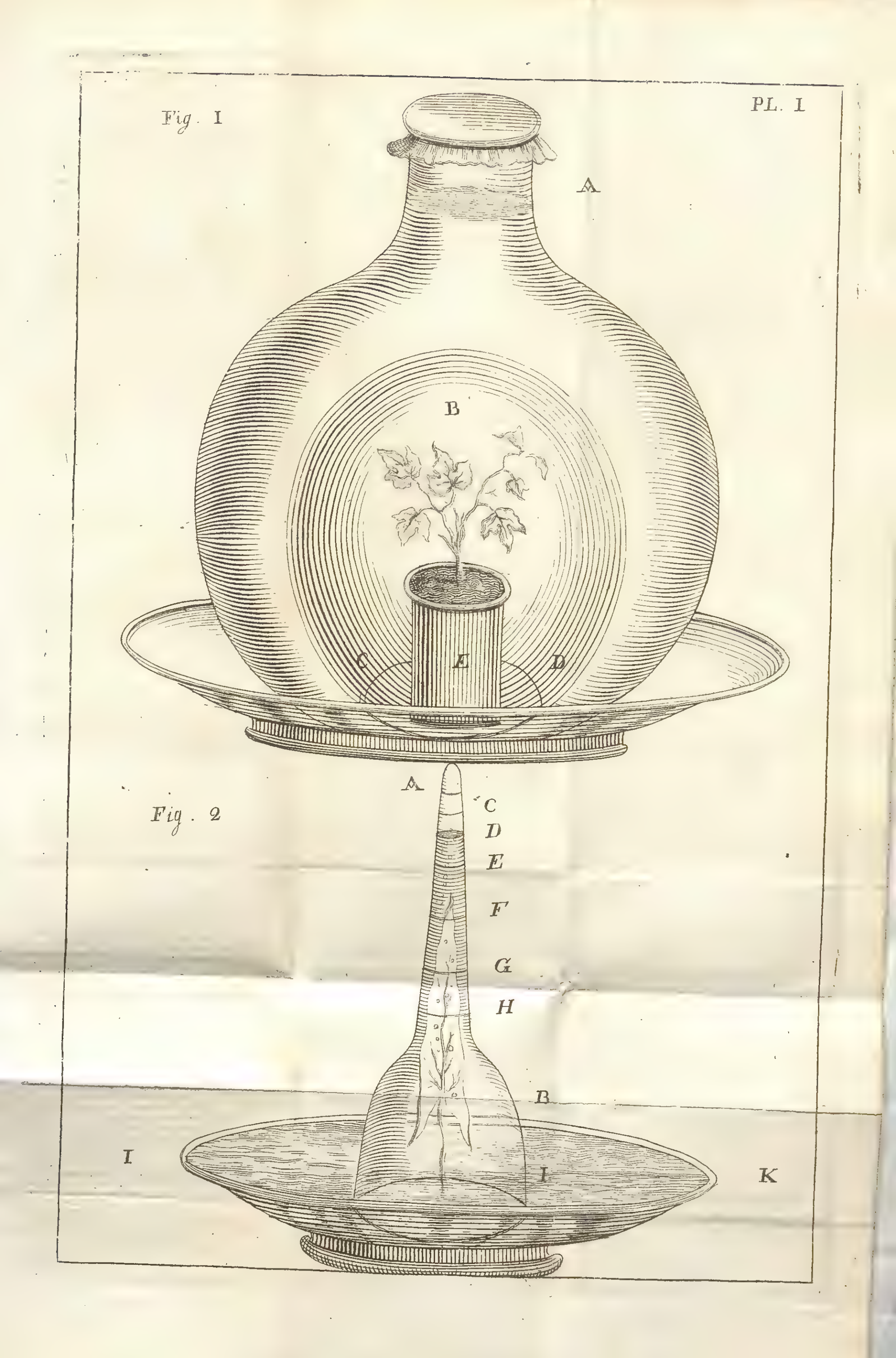
Fin du Premier Volume.

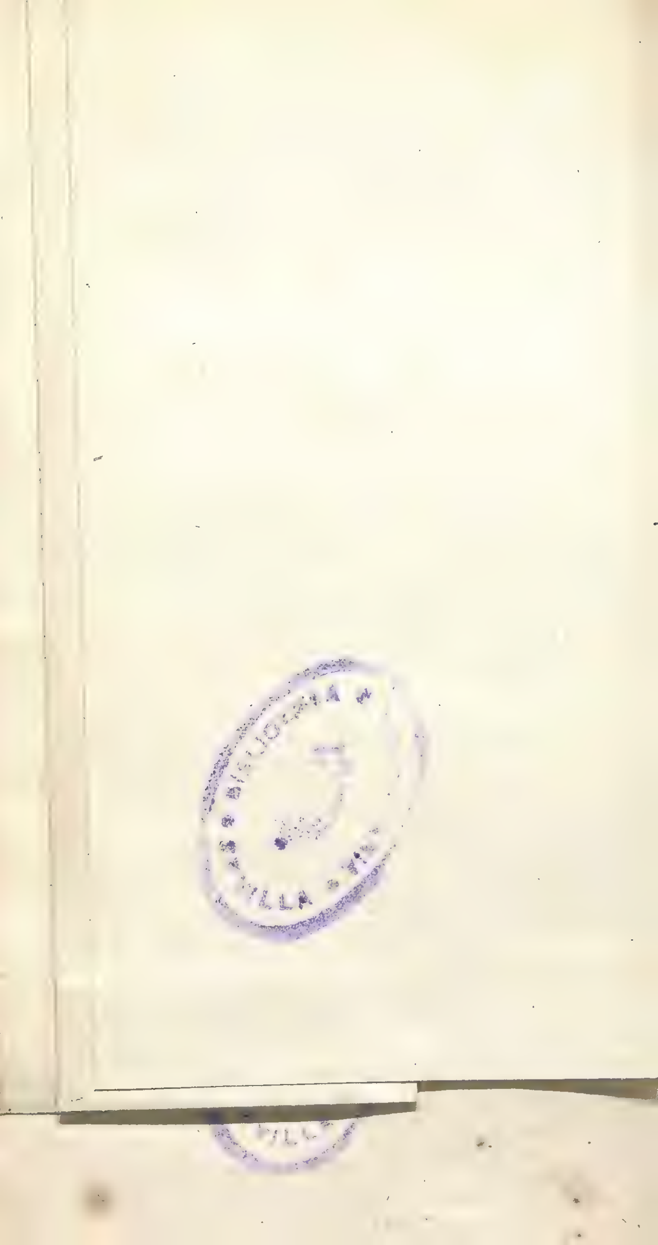





PL. II
B
G
E
F
D
A
G
E
Fig. 2
I
H
F
A
Fig. 3
A
C
D
B
E
F
B
C
D




Fig. I
PL. I
A
B
C
E
D
A
Fig. 2
C
D
E
F
G
H
B
I
I
K



Malgré nos ſoins, il s'eſt gliſſé dans la *Phyſique* quelques fautes non eſſentielles ; nous allons les indiquer.

TOME PREMIER.

PAGE 35, *ligne* 9, d'un, *effacez ce mot.*
Ibid, ligne 17, effet, *liſez* effets.
Page 380, *ligne* 10, commet, *liſez* admet.

TOME II.

Page 93, *ligne* 19, tranſmettant, *liſez* tranſmettent.
Page 421, *ligne* 3, éclipſe, *liſez* ellipſe.
Page 422, *ligne* 1, éclipſe, *liſez* ellipſe.
Page 599, *ligne* 4, éloignée, *liſez* éloigné.
Page 748, *ligne* 13, Réamur, *liſez* Réaumur.

TOME III.

Page 333, *ligne* 8, d'ùo, *liſez* d'où.
Page 481, *ligne* 27, parvenues, *liſez* parvenus.
Page 503, *ligne* 9, pu dénégérer, *liſez* peu dégénéré.
Page 576, *ligne* 16, Phiſiclen, *liſez* Phyſicien.

APPROBATION.

J'AI lu, par ordre de Monſeigneur le Garde des Sceaux, le *Cours de Phyſique Expérimentale & Théorique* de M. l'Abbé *SAURI* ; & je n'y ai rien trouvé qui m'ait paru devoir en empêcher l'Impreſſion. Paris, le 31 Août 1776. MARIE.

Le Privilege eſt à la fin de la Logique de l'Auteur.

CESSION.

J'ai cédé à M. *Froullé*, ſelon l'accord fait entre nous, les droits que je puis avoir ſur ma *Morale*, & mon *Cours de Phyſique*, en quatre Volumes *in*-12. SAURI.

CATALOGUE

Des Ouvrages du même Auteur.

Cours Complet de Mathématiques, 5 Volumes in-8o, chez *Ruault*, Libraire.

Institutions Mathématiques, *in*-8o, troisieme édition, chez *Valade*, Libraire.

Précis de Mathématiques, deuxieme édition, *in*-12, 2 l. 8 s., chez l'*Auteur*, College des Trésoriers, Place Sorbone; & chez *Valade*, la Veuve *Desaint*, *Jombert* fils, *Froullé*, Libraires.

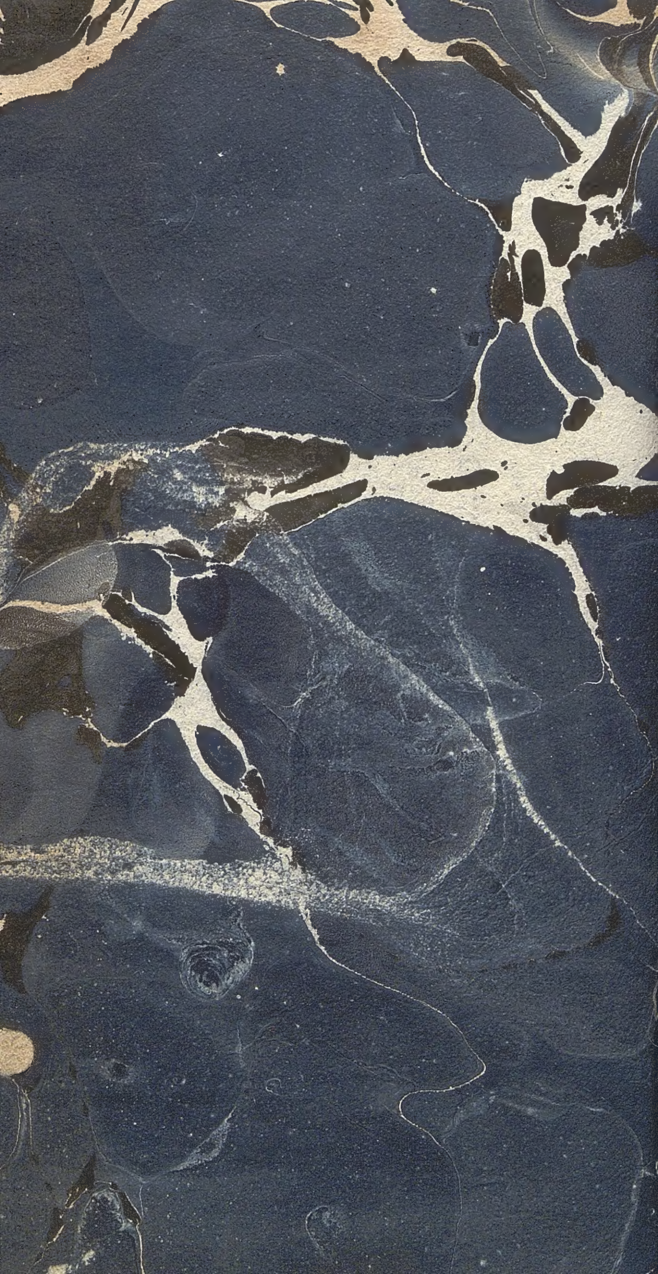
Cours de Philosophie; savoir, la Logique, la Métaphysique, la Morale, la Physique, & le Traité élémentaire de Méchanique & d'Hydrodynamique, chez *Froullé*; la Logique & la Métaphysique se vendent ensemble 3 l. 12 s., *brochées*, en deux volumes. On les trouve aussi chez *Ruault* & chez l'*Auteur*. La Physique & la Morale, forment cinq volumes; quatre de Physique, & un de Morale, 3 l. le volume relié.

Le Traité élémentaire de Méchanique & d'Hydrodynamique, qui est renfermé dans le premier volume de Physique, se vend séparément 3 l. relié.

Avis au Relieur.

Le Relieur est averti de placer les Planches de la *Physique* aux pages indiquées, de maniere que le quarré de la Figure sorte entierement lorsqu'on veut en faire usage.

La *Table* indiquée page 588 appartient au *Tome II.*



SAURI
PHISIQUE
ESPERIMENTA

I


colorchecker CLASSIC
calibrite
mm